

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004 年 4 月 1 日 (01.04.2004)

PCT

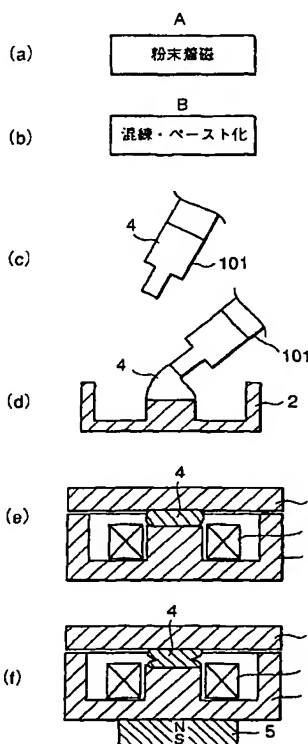
(10) 国際公開番号  
WO 2004/027795 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: H01F 41/02, 1/08 (72) 発明者; および  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/011970 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 王 士軍 (OH, Shi-gun) [CN/JP]; 〒982-8510 宮城県 仙台市太白区 郡山六丁目 7 番 1 号 NEC トーキン株式会社内 Miyagi (JP). 藤原 照彦 (FUJIWARA, Teruhiko) [JP/JP]; 〒982-8510 宮城県 仙台市太白区 郡山六丁目 7 番 1 号 NEC トーキン株式会社内 Miyagi (JP). 菊地 康文 (KIKUCHI, Yasubumi) [JP/JP]; 〒982-8510 宮城県 仙台市太白区 郡山六丁目 7 番 1 号 NEC トーキン株式会社内 Miyagi (JP). 山家 孝志 (YAMBE, Takashi) [JP/JP]; 〒982-8510 宮城県 仙台市太白区 郡山六丁目 7 番 1 号 NEC トーキン株式会社内 Miyagi (JP).  
(22) 国際出願日: 2003 年 9 月 19 日 (19.09.2003)  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語  
(30) 優先権データ:  
特願2002-273362 2002 年 9 月 19 日 (19.09.2002) JP  
特願2003-19892 2003 年 1 月 29 日 (29.01.2003) JP  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): NEC トーキン株式会社 (NEC TOKIN CORPORATION) [JP/JP]; 〒982-8510 宮城県 仙台市太白区 郡山六丁目 7 番 1 号 Miyagi (JP).  
(74) 代理人: 後藤 洋介, 外 (GOTO, Yosuke et al.); 〒105-0003 東京都港区 西新橋 1 丁目 4 番 10 号 第三森ビル Tokyo (JP).  
(81) 指定国 (国内): CN, JP, US.

/続葉有/

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING BONDED MAGNET AND METHOD FOR MANUFACTURING MAGNETIC DEVICE HAVING BONDED MAGNET

(54) 発明の名称: ボンド磁石の製造方法及びボンド磁石を備えた磁気デバイスの製造方法



A... MAGNETIZATION OF POWDER  
B... KNEADING & PREPARING PASTE

(57) Abstract: A viscous body (4) is prepared by mixing a magnetic alloy powder, which has been magnetized in advance, with a resin. The viscous body (4) is applied to the upper surface of the center magnetic leg of an E-shaped core (2). A coil (3) and I-shaped core are put together with the E-shape core (2), and the resin is cured while applying an orientation magnetic field by using a permanent magnet (5). Accordingly, there is obtained a bonded magnet closely adhered to the opposed faces of the E-shape core (2) and the I-shape core, which faces are opposed to each other, thereby forming a magnetic gap.

(57) 要約: 予め着磁した合金磁石粉末と樹脂とを混合して粘性体 4 を得る。得られた粘性体 4 を E 型コア 2 の中央磁脚の上面に塗布する。E 型コア 2 にコイル 3 及び I 型コアを組み付け、永久磁石 5 により配向磁場を印加しつつ樹脂を硬化させる。これにより E 型コア 2 と I 型コアの磁気ギャップを形成する一対の面の双方に密着形成されたボンド磁石が得られる。



(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

## 明 細 書

## ボンド磁石の製造方法及びボンド磁石を備えた磁気デバイスの製造方法

## 技術分野

本発明は、各種の電器製品および小型精密機器、自動車等を使用されるアクチュエータ、センサー、電子部品等のデバイスに幅広く使用されるのに好適なボンド磁石に関し、特にその製造方法及びそれを利用した磁気デバイスの製造方法に関する。

## 背景技術

永久磁石は、各種の電気製品から小型精密機器、自動車など幅広い分野で使用されており、重要な電気、電子材料のひとつに挙げられる。近年の機器の小型化、高効率化の要求から高特性の永久磁石が求められている。これらの要求に対応して、高特性を有する永久磁石の需要が、ここ数年急速に伸びている。

ここで、永久磁石は大別すると、焼結磁石とボンド磁石に分けられ、ボンド磁石は、次に挙げるような焼結磁石では得られない利点を有しており、最近、各種アクチュエータ、センサー、電子部品等での需要が急増している。その利点とは、次の通りである。

- (1) 複雑薄肉形状のものが容易に得られる。
- (2) 焼結磁石に比較して欠けにくい。
- (3) 量産性に優れる。

このような利点を有するボンド磁石を成形方法で、さらに大別すると、圧縮成形法、射出成形法、及び押出成形法に分類される。このうち、圧縮成形法の製造方法は、磁石合金粉末としてフェライト系、SmCo系、NdFeB系磁石合金粉末等を使用し、バインダーとしての熱硬化性樹脂等をその磁石合金粉末に混合したのち、その混合粉末を金型充填の後、圧縮成形する方法である。ここで、圧縮成形を磁場中で行えば、異方性を有するボンド磁石を製造できる。

また、射出成型法及び押出成型法は、前述の磁石合金粉末と熱可塑性樹脂を加

熱混練したものを金型に射出成形、または押出成形するものであり、これらの成形を磁場中に行えば異方性を有するボンド磁石を製造できる。

近年、各種の電気製品および小型精密機器等の小型化に伴い、アクチュエータ、センサー、電子部品等も小型化が求められている。、それゆえ、それらに用いられる磁心はより大きな重畳磁界において、より高い透磁率が強く求められている。また、それらに組み込まれて使用される磁石においては、形状、特性の設計が多様化し、薄型など磁石の特性として不利な動作点において大きな逆磁界がかかるような状況下においても、長期間減磁等の劣化が小さいなど、高い信頼性が求められるようになってきている。

同時に、それらの製品、機器は、省スペースでの設計となるため、熱放散も不利となり、磁石の使用環境温度はより高いものとなっている。つまり、磁石に対して、使用環境温度が高い中で、磁石として不利な動作点において、大きな逆磁界がかかるような状況下においても長期間減磁等の劣化が小さいなど、高い信頼性が求められるようになってきている。

また、近年、表面実装タイプのコイルが所望されており、そのようなコイルに用いられるコアにはリフロー条件下で特性が劣化しない耐酸化性の希土類磁石が必須である。

また、地球環境問題を背景として、自動車のハイブリッド化が急速に進みつつあり、車載で使用されるアクチュエータ、センサー、電子部品等の数量が増加している。これに伴い、それらに使用される磁石に関しても形状、特性の設計が多様化し、より厳しい使用環境下での高い信頼性が求められると同時に、低コスト化も強く求められている。

永久磁石が用いられる電子部品としては、磁気回路を構成する磁気デバイス、即ち、磁気コア、ヨーク、別の永久磁石及びコイルのうちの少なくとも1つを含むデバイスがある。永久磁石は、磁気デバイスが構成する磁気回路中の少なくとも1ヶ所に挿入され、その磁気回路に磁気バイアスを印加する。この種のデバイスとしては、例えば特開2002-231540号公報に記載されたインダクタンス部品がある。

従来の磁気デバイスの製造は、例えば、次のように行われる。

まず、図 3 2 (a) に示すように、所定の形状・サイズを有するシート磁石 3 2 1 を公知の方法により製造する。あるいは、上述した圧縮成形法、射出成形法あるいは押出成形法等を用いてボンド磁石を製造する。

次に、図 3 2 (b) に示すように、得られたシート磁石 3 2 1 を、磁気回路の磁気ギャップに位置するように一対のコア (E 型コア 3 2 2 及び I 型コア 3 2 3) に組み付ける。このとき、各コア 3 2 2, 3 2 3 とシート磁石 3 2 1 との間には、例えば、熱硬化性の接着剤 (図示せず) が配される。

最後に、接着剤を硬化させて、図 3 2 (c) に示すような磁気デバイスが完成する。

しかし、前述の圧縮成形によるボンド磁石の製造方法では、成形時に磁場を印加して製造した異方性磁石では、その合金磁石粉末の磁場配向性が悪いという問題点があった。

更に、減磁しにくい固有保磁力の高い磁石を得るためには、着磁を行う際に強い磁場が必要であるが、前述の従来のボンド磁石の製造方法では、金型中での成形と同時に磁石合金粉末を着磁し配向させることが必要であるため、得られる磁石に対し過大な印加磁場を必要とし、その磁場を発生させるコイルは大型となり、成形機も大型且つ複雑なものが必要であった。

また、前述した形状の多様化の要求に対し、前述の従来の成形方法においては、例えば、厚さ 0.5 mm 程度の薄型のボンド磁石は製造することができないという問題点があった。

また、前述の多様化してきている設計の一つである磁気的な着磁のパターンに関し、例えば円盤形状 (またはリング形状) において円の中心から外周に向けて放射状に磁束を生じさせるラジアル方向の着磁は、高い着磁磁場を前述のラジアル方向に印加させることが難しく、飽和磁束密度の高い鉄のヨークを用いても 2 T 程度が限界である。それゆえ、円盤形状の固有保磁力の高い磁石粉末を用いたボンド磁石を得ることは工業的に不可能であった。

また、上記特開 2 0 0 2 - 2 3 1 5 4 0 号公報は、磁気コアの磁路の少なくとも 1 ヶ所のギャップ部に挿入した永久磁石を、該磁気コアの磁路方向に着磁することにより、磁気バイアスが印加されたインダクタンス部品が得られることを開

示している。しかしながら、この方法においては、該インダクタンス部品中に挿入された前述の永久磁石を着磁するために、該インダクタンス部品よりも大きな着磁コイルを有する着磁機が必要であり、また該インダクタンス部品に挿入されている前述の永久磁石を1個ずつ着磁する必要があるため、設備投資ならびに生産性に関し不利であるという問題点があった。

また、特開2002-231540号公報に開示される従来のインダクタンス部品では、フェライトコアと永久磁石とヨークとで構成される磁気回路において、前述の永久磁石とフェライトコアとの間のギャップ間隔を小さくし、磁気的な損失を小さくすることが困難であるという問題点がある。そして、この問題を解決するには、機械加工による仕上がりの精度を高める必要があるため、コスト的に不利になるという欠点を有していた。

上述のとおり、従来の製法によるボンド磁石の製造方法では、固有保磁力の高い合金磁石粉末を得るためには、前記磁石合金粉末を配向、着磁させるための大型かつ複雑な着磁コイル及び成形機が必要でコスト的に問題があり、また、前記磁石合金粉末を用いた厚さ0.5mm程度の薄型のボンド磁石の製造が困難であり、さらに前記磁石合金粉末を用いた円盤形状磁石におけるラジアル方向等の複雑な形状の着磁は困難であるという欠点があった。

そこで、本発明の第一の技術的課題は、固有保磁力の高いボンド磁石の製造に際し、大型かつ複雑な成形機と大型の着磁用コイルを必要とせず、例えば、0.5mm以下の薄型の形状等を任意に形成することが可能であり、なおかつ円盤形状磁石等におけるラジアル方向等の複雑なパターンでの着磁が可能なボンド磁石の製造方法を提供することにある。

また、本発明の第二の技術的課題は、磁気コア、ヨーク、永久磁石及びコイルのいずれかを少なくとも1つ備えた磁気デバイスにおいて、そのデバイスにより構成される磁気回路中または磁気回路外の少なくとも1ヶ所以上に、ボンド磁石を具備したことを特徴とするデバイスに関し、ボンド磁石の着磁を行うために、該デバイスよりも大きな着磁コイルを有する着磁機が不要で、また該デバイスに具備された状態のボンド磁石を1個ずつ着磁する必要のない、設備投資ならびに生産性に関し有利なボンド磁石製造方法及びデバイス製造方法を提供することに

ある。

従って、本発明の課題は、優れた磁石特性を有するボンド磁石を、容易に、安価に製造できるボンド磁石の製造方法及びそれを用いた磁気デバイスの製造方法を提供し、もって安価なボンド磁石及びデバイスを提供することである。

#### 発明の開示

本発明によれば、予め着磁された合金磁石粉末を樹脂と混合して粘性体とし、該粘性体に磁場を印加して当該粘性体に含まれる前記合金磁石粉末を磁氣的に配向させつつ前記樹脂を硬化させることを特徴とするボンド磁石の製造方法が得られる。

このボンド磁石の製造方法において、前記粘性体を、磁気デバイスの一部に接触配置し、前記磁気デバイスに接触配置された前記粘性体に対して、前記磁場を印加して当該粘性体に含まれる前記合金磁石粉末を磁氣的に配向させつつ前記樹脂を硬化させるようにしてよい。

また、このボンド磁石の製造方法において、前記合金磁石粉末を前記樹脂と混合する前に、Zn, Al, Bi, Ga, In, Mg, Pb, SbおよびSnから選択された1種又は2種以上の金属粉あるいはその合金の金属粉と混合して混合物を得、当該混合物に熱処理を施して、前記合金磁石粉末の表面を金属膜で被覆するようにしてよい。

また、本発明によれば、ボンド磁石を具備する磁気デバイスの製造方法において、前記ボンド磁石の形成が、予め着磁された合金磁石粉末と樹脂とを混合して粘性体とし、該粘性体を、磁気デバイスの所定個所に接触配置し、前記粘性体に磁場を印加して当該粘性体に含まれる前記合金磁石粉末を磁氣的に配向させつつ前記樹脂を硬化させることにより行われ、それによって前記ボンド磁石が前記所定個所に接着剤を用いることなく密着形成されることを特徴とするボンド磁石を具備するデバイスの製造方法が得られる。

このデバイスの製造方法において、前記所定個所が磁気ギャップを規定する互いに対向する一対の面である場合は、前記磁気ギャップに前記粘性体を配置することにより、前記一対の面の双方に前記粘性体を接触させるようにしてよい。

あるいは、前記所定個所がドラム型コアの端面又は鍔部外周面である場合は、前記粘性体を前記端面又は前記鍔部外周面上にリング状に塗布するようにしてよい。

#### 図面の簡単な説明

図1 (a) ～ (f) は、本発明の実施例2によるボンド磁石の製造方法の説明図。

図2 は、図1 の製造方法により製造されるインダクタンス素子の説明図。

図3 は、シート状の磁石を搭載する前のE型コア及びI型コアを含むインダクタンス素子の説明図。

図4 は、従来例によるE型コア及びI型コアを含むインダクタンス素子の説明図。

図5 は、本発明の実施例2によるインダクタンス素子と、従来例のインダクタンス素子との直流重畳特性を比較するための特性図。

図6 は、本発明の実施例3によるインダクタンス素子（ボンド磁石）の製造方法の説明図。

図7 は、図6 の製造方法により製造される一対のE型コアを含むインダクタンス素子の説明図。

図8 は、シート状磁石を搭載する前の一対のE型コアを含むインダクタンス素子の説明図。

図9 は、従来例による一対のE型コアを含むインダクタンス素子の説明図。

図10 は、本発明の実施例3によるインダクタンス素子と、従来例のインダクタンス素子との直流重畳特性を比較するための特性図。

図11 は、ドラム型コアへ粘性体を塗布してボンド磁石を製造する方法の説明図。

図12 (a) は、図6の方法にて形成されたボンド磁石を具備するドラム型コアであって開磁路タイプの一例を示す図。

図12 (b) は、図6の方法にて形成されたボンド磁石を具備するドラム型コアであって開磁路タイプの他の例を示す図。



図12(c)は、図6の方法にて形成されたボンド磁石を具備するドラム型コアであって閉磁路タイプの例を示す図。

図12(d)は、図6の方法にて形成されたボンド磁石を具備するドラム型コアであって開磁路タイプのさらに他の例を示す図。

図13(a)は、ディスクマグネットを用いてドラム型コアに塗布された粘性体に配向磁場を印加する方法の説明図。

図13(b)は、リングマグネットを用いてドラム型コアに塗布された粘性体に配向磁場を印加する方法の説明図。

図13(c)は、コイルに自己通電してドラム型コアに塗布された粘性体に配向磁場を印加する方法の説明図。

図14は、実施例5に使用されるコアの直流重畳特性（磁界の強さ $H_m$ —周波数100kHzにおける透磁率）を示すグラフ。

図15は、ギャップにBaフェライト焼結磁石を挿入したコアの直流重畳特性（磁界の強さ $H_m$ —周波数100kHzにおける透磁率）を示すグラフ。

図16は、ギャップに $Sm_2Fe_{17}N$ ボンド磁石を挿入したコアの直流重畳特性（磁界の強さ $H_m$ —周波数100kHzにおける透磁率）を示すグラフ。

図17は、ギャップに $Sm_2Co_{17}$ ボンド磁石を挿入したコアの直流重畳特性（磁界の強さ $H_m$ —周波数100kHzにおける透磁率）を示すグラフ。

図18は、ギャップに挿入された磁石の固有保磁力の違いによるリフロー前後におけるコアの直流重畳特性（磁界の強さ $H_m$ —周波数100kHzにおける透磁率）の違いを示すグラフ。

図19は、ギャップに挿入された磁石のキュリー温度の違いによるリフロー前後におけるコアの直流重畳特性（磁界の強さ $H_m$ —周波数100kHzにおける透磁率）の違いを示すグラフ。

図20は、ギャップに挿入された磁石の平均粒径の違いによるリフロー前後におけるコアの直流重畳特性（磁界の強さ $H_m$ —周波数100kHzにおける透磁率）の違いを示すグラフ。

図21は、ギャップに挿入された磁石の組成の違いによるリフロー前後におけるコアの直流重畳特性（磁界の強さ $H_m$ —周波数100kHzにおける透磁率）

の違いを示すグラフ。

図 2 2 は、その表面が金属で被覆されていない磁石合金粉末を用いて作製した磁石をギャップに挿入したコアに対して熱処理を行ったときの直流重畳特性（磁界の強さ  $H_m$ —周波数 1 0 0 k H z における透磁率）の変化を示すグラフ。

図 2 3 は、Z n で表面が被覆された磁石合金粉末を用いて作製した磁石をギャップに挿入したコアに対して熱処理を行ったときの直流重畳特性（磁界の強さ  $H_m$ —周波数 1 0 0 k H z における透磁率）の変化を示すグラフ。

図 2 4 は、A l で表面が被覆された磁石合金粉末を用いて作製した磁石をギャップに挿入したコアに対して熱処理を行ったときの直流重畳特性（磁界の強さ  $H_m$ —周波数 1 0 0 k H z における透磁率）の変化を示すグラフ。

図 2 5 は、B i で表面が被覆された磁石合金粉末を用いて作製した磁石をギャップに挿入したコアに対して熱処理を行ったときの直流重畳特性（磁界の強さ  $H_m$ —周波数 1 0 0 k H z における透磁率）の変化を示すグラフ。

図 2 6 は、G a で表面が被覆された磁石合金粉末を用いて作製した磁石をギャップに挿入したコアに対して熱処理を行ったときの直流重畳特性（磁界の強さ  $H_m$ —周波数 1 0 0 k H z における透磁率）の変化を示すグラフ。

図 2 7 は、I n で表面が被覆された磁石合金粉末を用いて作製した磁石をギャップに挿入したコアに対して熱処理を行ったときの直流重畳特性（磁界の強さ  $H_m$ —周波数 1 0 0 k H z における透磁率）の変化を示すグラフ。

図 2 8 は、M g で表面が被覆された磁石合金粉末を用いて作製した磁石をギャップに挿入したコアに対して熱処理を行ったときの直流重畳特性（磁界の強さ  $H_m$ —周波数 1 0 0 k H z における透磁率）の変化を示すグラフ。

図 2 9 は、P d で表面が被覆された磁石合金粉末を用いて作製した磁石をギャップに挿入したコアに対して熱処理を行ったときの直流重畳特性（磁界の強さ  $H_m$ —周波数 1 0 0 k H z における透磁率）の変化を示すグラフ。

図 3 0 は、S b で表面が被覆された磁石合金粉末を用いて作製した磁石をギャップに挿入したコアに対して熱処理を行ったときの直流重畳特性（磁界の強さ  $H_m$ —周波数 1 0 0 k H z における透磁率）の変化を示すグラフ。

図 3 1 は、S n で表面が被覆された磁石合金粉末を用いて作製した磁石をギャ

ップに挿入したコアに対して熱処理を行ったときの直流重量特性（磁界の強さ  $H$ —周波数  $100\text{ kHz}$  における透磁率）の変化を示すグラフ。

図 3 2 (a) ~ (c) は、従来の磁気デバイスの製造方法の説明図。

発明を実施するための最良の形態

本発明の実施の形態によるボンド磁石及びその製造方法及びそれを用いたデバイス及びその製造方法について、以下に説明する。

本発明のボンド磁石は、磁石合金粉末（着磁されていない状態を指す。）として、ネオジウム（Nd）—鉄（Fe）—ホウ素（B）系やサマリウム（Sm）—コバルト系（Co）の希土類磁石粉末、あるいはフェライト系などの磁石粉末を使用する。まず、予め用意した磁石合金粉末を、樹脂等の非磁性の円筒容器に充填し着磁用コイルの中に置き、例えば希土類磁石粉末の場合  $5\text{ T}$  から  $10\text{ T}$  の範囲の磁場を印加し、着磁させる。

次に、着磁された合金磁石粉末（着磁された状態を指し、上記磁石合金粉末と区別される。）を、樹脂と混練し、ペースト化する。

このとき用いる樹脂は、エポキシ樹脂、シリコーン樹脂、フェノール樹脂、メラミン樹脂等の熱硬化性樹脂を単独または溶媒で希釈し使用するか、あるいはポリアミド樹脂、ポリイミド樹脂、ポリエチレン樹脂、ポリエステル樹脂、ポリオレフィン樹脂、ポリフェニルサルファイト樹脂、芳香族系ナイロン、液晶ポリマー等の熱可塑性樹脂を単独で加熱して混練するかまたは溶媒で希釈したものを使用する。

前述の着磁された合金磁石粉末と前述の樹脂との混合物を混練して作製した粘性体の粘度は、 $10$  ポイズ（ $=1\text{ [Pa}\cdot\text{s]}$ ）以上に調整することが好ましく、 $10$  ポイズ以下の粘度では、合金磁石粉末が樹脂と分離、沈降しやすく、該粘性体を均一に充填または塗布することが必要な際は攪拌する等の注意を要する。

次に、ディスペンサー（またはシリンダー）などを用いて、上述の粘性体を磁気デバイスの所望の位置に塗布または金型に充填する。磁気デバイスを製造する場合は、このときコアにコイルを組み付けるなどの磁気デバイス組み立て工程を行う。このとき、粘性体は、接着剤として利用することも可能である。

その後、磁気デバイスの所望位置に塗布等された粘性体をそのままの状態、 $30 \sim 500 \text{ mT}$ 程度の弱磁界中におき、粘性体中の合金磁石粉末を磁氣的に配向させる。また、このとき同時に、粘性体中の樹脂が熱硬化性樹脂であれば加熱硬化させ、熱可塑性樹脂であれば冷却して硬化させる。あるいは、粘性体中の樹脂が溶媒で希釈された樹脂である場合は、加熱により溶媒の乾燥を行いつつ樹脂の硬化を行う。なお、金型等を使用する場合は、シリコングリス等の離型剤を予め金型の内部に塗っておくことが望ましい。

この際、配向のために印加する磁界（以下、配向磁場という。）は、 $30 \sim 500 \text{ mT}$ の弱磁界であるので永久磁石にて印加が可能であるが、必要に応じ電磁石にて印加することも可能である。永久磁石により配向磁場を印加する場合、その永久磁石は、熱硬化性樹脂の硬化温度または熱可塑性樹脂の軟化温度等である  $120^\circ\text{C}$  以上の環境下に置かれることになるため、キュリー温度  $T_c$  の高い  $\text{SmCo}$  系磁石等であることが望ましい。

また、上記の方法で作製した粘性体を、アクチュエータ、センサー等の永久磁石を用いた磁気デバイスの磁気回路中に配置しまたは接着剤として用い、磁束量を増加させる、またはギャップによる磁氣的なロスを軽減させることも可能であるが、この場合は粘性体を硬化させる際の外部からの配向磁界の印加は不要である。即ち、この場合は、磁気回路を構成する永久磁石により配向磁界が与えられるので、粘性体の樹脂が硬化する温度に保持するのみで異方性のボンド磁石を形成することが可能である。

また、磁気コア、ヨーク、別の永久磁石及びコイルのうちの少なくともいずれか1つを備えた磁気デバイスの所定個所に上記粘性体を接触配置する場合も、同様である。例えば、磁気コアと少なくとも1ヶ以上のコイルにより構成されるデバイスの磁気回路中の少なくとも1ヶ所以上に、永久磁石を具備したことを特徴とするデバイスとして、磁気バイアス方式のインダクタ等の電子部品がある。この種のデバイスでは、粘性体を磁気コアの所定位置に塗布するなどして接触配置した後、該コイルに通電すれば磁気回路に磁束（即ち配向磁界）が発生するため、この状態で粘性体の樹脂が硬化する温度に保持するのみで、粘性体中の合金磁石粉末を磁路方向に磁氣的に配向させつつ硬化させることができ、それによって異

方性のボンド磁石を具備したデバイスを得ることができる。

以下、本発明の実施例として、図面等を参照し、具体的なボンド磁石及びその製造方法、及びそれを用いた磁気デバイス及びその製造方法について説明する。

(実施例 1)

平均粒子径  $20\text{ }\mu\text{m}$  の SmCo 磁石合金粉末を  $10\text{ T}$  のパルス磁界にて着磁して SmCo 合金磁石粉末とし、該 SmCo 合金磁石粉末と 2 液性のエポキシ樹脂を重量比で、 $70:30$ 、 $80:20$ 、 $90:10$ 、 $97:3$  となるように配合し、混練を行い、4 種類の粘性体とした。

この 4 種類の粘性体をそれぞれ直径  $10\text{ mm}$ 、高さ  $1\text{ mm}$  の非磁性のステンレスの金型に充填し、圧力をかけない状態で、高さ方向と平行に  $0.5\text{ T}$  の磁場を印加した状態のまま  $150^{\circ}\text{C}$  に加熱し、その状態を 2 時間維持した。これにより、予め着磁された SmCo 合金磁石粉末を金型内で磁氣的に配向のみをさせた状態で樹脂を硬化させ、ボンド磁石を形成した。各金型からボンド磁石を抜き出し、発明品 1 から発明品 4 とした。なお、前述のステンレスの金型内面には、離型剤として予めシリコングリスを塗布している。

また、比較のため、前述の SmCo 磁石合金粉末を予め着磁しないこと以外は前述と同様に粘性体を製造し、次いで、その粘性体に磁場を印加しないこと以外は前述と同様にして硬化させ、取り出した後に高さ方向と平行に  $10\text{ T}$  のパルス磁界を印加することにより、樹脂内部の SmCo 磁石合金粉末の着磁を行いボンド磁石を得、これを従来例 1 から従来例 4 とした。

それらを振動型磁力計により、配向（または着磁）方向、及び配向（または着磁）方向に垂直な方向にて残留磁束密度 ( $B_r$ ) を測定した結果を表 1 に示す。

表 1

	磁石粉末とエポキシ樹脂との重量比	残留磁束密度 $B_r$	
		硬化時に印加する磁場の配向方向での測定値	硬化時に印加する磁場と直角方向での測定値
発明品 1	70 : 30	0.200 T	0.010 T
発明品 2	80 : 20	0.300 T	0.015 T
発明品 3	90 : 10	0.500 T	0.025 T
発明品 4	97 : 3	0.790 T	0.040 T
従来品 1	70 : 30	0.110 T	0.100 T
従来品 2	80 : 20	0.160 T	0.150 T
従来品 3	90 : 10	0.260 T	0.240 T
従来品 4	97 : 3	0.400 T	0.390 T

表 1 より、発明品 1 ～ 4 は、成形時に 0.5 T と弱い磁界を印加するだけで異方性の高いボンド磁石が得られていることが確認された。なお、重量比が 70 : 30 未満であると、合金磁石粉末の量が少なく、磁束密度が低下する不具合があり、また、重量比が 97 : 3 を超えると、合金磁石粉末の量が多すぎて、機械的にもろくなるという不具合が発生する。

ここで、発明品 1 と発明品 2 の合金磁石粉末とエポキシ樹脂との重量比が 70 : 30 と 80 : 20 の場合は、チョークコイル用のバイアス用のボンド磁石として利用できる。また、発明品 3 と発明品 4 の合金磁石粉末とエポキシ樹脂との重量比が 90 : 10 と 97 : 3 の場合は、強い磁束密度が必要な、モータ用あるいはアクチュエータ用あるいはセンサ用のボンド磁石として利用できる。

#### (実施例 2)

図 1 (a) ～ (f) は、本発明のボンド磁石（及び磁気デバイス）の製造方法の説明図である。ここでは、磁気デバイスとして E 型コアと I 型コアからなる Ni-Zn フェライトコアを含む、インダクタンス素子の製造方法について説明する。図 2 は、図 1 の製造方法により製造される本発明の実施例によるインダクタ

ンス素子の説明図である。

まず、実施例 1 と同様に、平均粒子径  $20\ \mu\text{m}$  の SmCo 磁石合金粉末を 10 T のパルス磁界にて着磁して SmCo 合金磁石粉末を得る (図 1 (a))。

次に、得られた SmCo 合金磁石粉末と 2 液性のエポキシ樹脂とを重量比で、70 : 30 ~ 97 : 3 の間の所定の値、例えば、70 : 30 となるように配合し、混練してペースト化し、粘性体を得る (図 1 (b))。

次に、図 1 (c) に示すように、得られた粘性体 4 をディスペンサ (またはシリンド) 101 等に充填する。

次に、図 1 (d) に示すように、ディスペンサ 101 を用いて E 型コア 2 の中央磁脚の上面に、粘性体 4 を塗布する。具体的には、コア外径 18 mm、磁気回路長 15 mm、有効断面積  $0.3\ \text{cm}^2$  の E 型コア 2 に、粘性体 4 を 10 mg 塗布する。

次に、図 1 (e) に示すように、E 型コア 2 にコイル 3 と I 型コア 1 とを組み付ける。これにより、E 型コアの中央磁脚の上面に塗布された粘性体 4 は、I 型コアにより押しつぶされて変形し、E 型コア 2 と I 型コアの磁気ギャップを形成する一対の面 (互いに対向する面) の双方に密着する。

この後、図 1 (f) に示すように、SmCo 系の永久磁石 5 を、前記 Ni-Zn フェライトコア 1, 2 の下部に配置し、そのままの状態では  $150^\circ\text{C}$  の雰囲気中に 1 時間置き粘性体 4 に含まれる樹脂を硬化させた。この間、粘性体 4 には、前記永久磁石 5 によって、それが硬化するまで常に磁場が印加されている。

ここで、図 2 は、図 1 (f) の状態から、SmCo 系の永久磁石 5 を除去したもの、即ち、図 1 の工程により製造されたインダクタンス素子である。図 1 の粘性体 4 は、図 2 においては硬化してボンド磁石 4a となっている。なお、ボンド磁石 4a は、E 型コア 2 と I 型コア 1 の磁気ギャップを形成する対向面に密着形成されており、従来のシート状磁石を用いた場合のような接着層はない。また、ボンド磁石 4a の側面の形状は、粘性体の粘度、表面張力の影響を受けるために、明らかに従来の打ち抜き法等で作製されたシート状磁石またはプレス磁石等の形状とは異なっている。つまり、本発明によるボンド磁石 4a は、磁気コアに対しては隙間なく密着して形成されており、さらに、前述のボンド磁石の磁気コアに

面していない側面は粘性体の自由表面がそのまま硬化した滑らかな凹凸形状であり、複数の曲率面により構成されている。

また、比較のために、前述と同様なNi-Znフェライトコアに、圧縮成形法にて作製したシート状の磁石を接着し、インダクタンス素子を作製し、従来例とした。図3は、シート状の磁石を搭載する前のインダクタンス素子の説明図であり、図4は、従来例によるインダクタンス素子の説明図である。図3及び図4から理解されるように、従来例のインダクタンス素子は、Ni-Znフェライトコアの磁気ギャップ6にシート状磁石7を挿入接着したものである。

図5は、本発明のインダクタンス素子と、従来のインダクタンス素子との直流重畳特性を比較するための特性図である。図5に示すとおり、異方性ボンド磁石が形成されたことにより、本発明のインダクタンス素子は、直流重畳特性において、従来のインダクタンス素子より飽和電流値が高くなっている。

### (実施例3)

図6は、本発明の実施例3に係るボンド磁石（及びインダクタンス素子）の製造方法を説明するための図である。また、図7は、図6の製造方法により製造されるインダクタンス素子の説明図である。

本実施例に係るインダクタンス素子は、一对のE型コアを有している点で実施例2のインダクタンス素子と異なっている。

図6に示すように、E型コア1とE型コア2にて構成される、コア外径7mm、磁気回路長13.6mm、有効断面積0.08cm<sup>2</sup>のMn-Znフェライトコアの中央磁脚のギャップ部に、実施例2と同一の方法で作製した粘性体4を8mg塗布した。そして、Mn-Znフェライトコアの下部にSmCo系の永久磁石5を配置し、その状態で150℃の雰囲気下に1時間置いた。これにより、粘性体4は硬化するが、その間、粘性体4には永久磁石からの磁場が常に印加される。

図7は、図6の状態からSmCo系の永久磁石を除去した状態、即ち、図6の製造方法により製造されたインダクタンス素子を示す。図1の粘性体4は、硬化してボンド磁石4aとなっている。なお、ボンド磁石4aは、E型コア1とE型コア2の磁気ギャップを形成する対向面に密着形成されており、従来のシート状



磁石を用いた場合のような接着層はない。また、ボンド磁石 4 a の側面の形状は、粘性体の粘度、表面張力の影響を受けるために、明らかに従来の打ち抜き法等で作製されたシート状磁石またはプレス磁石等の形状とは異なっている。つまり、本発明によるボンド磁石 4 a は、磁気コアに対しては隙間なく密着して形成されており、さらに、前述のボンド磁石の磁気コアに面していない側面は粘性体の自由表面がそのまま硬化した滑らかな凹凸形状であり、複数の曲率面により構成されている。

また、比較のために、前述と同様な  $Mn-Zn$  フェライトコアに、圧縮成形法にて作製したシート状の磁石を接着し、インダクタンス素子を作製し、従来例とした。図 8 は、シート状の磁石を搭載する前のインダクタンス素子の説明図であり、図 9 は、従来例によるインダクタンス素子の説明図である。図 8 及び図 9 から理解されるように、従来例のインダクタンス素子は、 $Mn-Zn$  フェライトコアの磁気ギャップ 6 にシート状磁石 7 を挿入接着したものである。

図 10 は、本発明のインダクタンス素子と、従来のインダクタンス素子との直流重畳特性を比較するための特性図である。図 10 に示すとおり、異方性ボンド磁石が形成されたことにより、本発明のインダクタンス素子は、直流重畳特性において、従来のインダクタンス素子より飽和電流値が高くなっている。

#### (実施例 4)

図 11 は、本発明の実施例 4 による、ドラム型コアへ実施例 1～3 で述べたような粘性体を塗布してボンド磁石を製造する方法の説明図である。図 11 において、ドラム型コア 11 を回転させ、デイスペンサ 10 からは、端面上で円周方向に粘性体 51 を塗布し、またデイスペンサ 20 からは、鰐部外周面上に周方向に粘性体を塗布する。これらの方法により、ドラム型コアの端面または外周面上に、リング形状（または円形状）に、粘性体 51 を塗布することができる。

図 12 (a)～(d) は、図 11 の方法にて作製された、ボンド磁石を形成したドラム型コアの説明図である。図 12 (a) は、開磁路タイプの例を示す図であって、粘性体 51 a が鰐部 12 の外周面上に周方向に形成されている。図 12 (b) は、開磁路タイプの他の例を示す図であって、粘性体 51 b が鰐部 12 の

端面上に円周方向に形成されている。図12(c)は、閉磁路タイプの例を示す図で、粘性体51cが鍔部12の外周面と円筒型コア14aの内周面との間に設けられている。図12(d)は、開磁路タイプのさらに他の例を示す図で、粘性体51dが、コイル14を埋め込むように設けられている。

図13は、本発明のドラム型コア13に塗布された粘性体51dへの磁場印加の方法の説明図である。図13(a)は、ディスクマグネット16を使用する場合を示す図、図13(b)は、リングマグネット17を使用する場合を示す図、図13(c)は、コイル15に自己通電する場合を示す図である。いずれの方法においても、ドラム型コア13に塗布されたリング状（または円形）の粘性体51dに対し、ラジアル方向の配向磁場を印加することができる。これにより、ラジアル方向に配向（着磁）された高特性のボンド磁石を得ることができる。

#### （実施例5）

実施例2で使用したコアと同形状のコアのギャップに磁石を挿入配置した試料を製造した。磁石には、Baフェライト焼結磁石、 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}$ ボンド磁石、 $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ ボンド磁石を用いた。固有保磁力 $H_c$ はそれぞれ4.0, 5.0, 及び10.0 kOeであった。また、 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}$ 合金磁石粉末及び $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 合金磁石粉末の平均粒径はともに $3.0\text{ }\mu\text{m}$ とした。 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}$ ボンド磁石及び $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ ボンド磁石は、 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}$ 合金磁石粉末及び $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 合金磁石粉末に、夫々バインダーとして熱可塑性樹脂である軟化点約 $80^\circ\text{C}$ のポリプロピレン樹脂を、50 vol%加え、ラボプラストミルで熱混練した後、実施例1と全く同様の方法で作成した。そして、作成したボンド磁石を、実施例2で使用した磁心と同じ形状で材質がMnZnフェライトの中芯のギャップ部に挿入して試料とした。なお、得られたボンド磁石の比抵抗を下記の測定後に測定した結果は、約 $10\sim 30\text{ }\Omega\cdot\text{cm}$ であった。

Baフェライト焼結磁石については、コアの中芯ギャップ形状に加工し、コアのギャップに挿入して、パルス着磁機で磁路方向に着磁した。

次に、各コアに巻線を施して、HP製-4284LCRメーターで各試料の直流重畳特性を交流磁場周波数 $100\text{ kHz}$ 、重畳磁場 $0\sim 200\text{ Oe}$ の条件で、

繰り返し5回測定した。このとき、直流バイアス磁界の向きが配向方向または着磁した磁石の磁化の向きとは逆になるように、重畳電流を印加した。また、コア定数と巻線数から透磁率を計算した。各コアの5回目までの測定結果を図14～図17に示す。なお、図14は、比較のため、ギャップに磁石を持たないコアについての測定結果である。

図15を見ると、保磁力が4 kOeしかないフェライト磁石を挿入したコアでは測定回数が進むにつれ、直流重畳特性が大きく劣化することが分かる。一方、図16及び図17を見ると、保磁力の大きなボンド磁石を挿入したコアは、繰り返しの測定においても大きな変化はなく、非常に安定した特性を示すことが分かる。

これらの結果より、フェライト磁石は保磁力が小さいために、磁石に印加される逆向きの磁界によって減磁、または磁化の反転が起こり、直流重畳特性が劣化したものと推測できる。また、コアに挿入（または形成）される磁石は保磁力が5 kOe以上の希土類系ボンド磁石において優れた直流重畳特性を示すことが分かった。

#### （実施例6）

平均粒径が約1.0  $\mu\text{m}$ 、2.0  $\mu\text{m}$ 、25  $\mu\text{m}$ 、50  $\mu\text{m}$ 、75  $\mu\text{m}$ の $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 合金磁石粉末に、それぞれ、バインダーとしてのポリエチレン樹脂を40 vol%加え、ラボプラスミルで熱混練した後、実施例5と同様の方法でボンド磁石を製作した。ボンド磁石の特性はVSMで測定し、粉末の反磁界係数で補正した。その結果、全ての磁石について固有保磁力が5 kOe以上得られていることが分かった。また、実施例5と同様にコアのギャップに製作したボンド磁石を挿入し、岩崎通信機製のSY-8232交流BHトレーサーで、300 kHz 0.1 Tにおけるコアロス特性を室温で測定した。ここで測定に使用したフェライトコアは、その特性がほぼ同一のものである。コアロスを測定した結果を表2に示す。比較としてギャップに磁石を挟まないコアについて測定した結果も表2に並べて示す。また、コアロス測定後、挿入した磁石を取り出し、磁石の表面磁束をTOEI:TDF-5で測定した。その測定値と、磁石の寸法により計算で求め

た表面磁束とを表 2 に示す。

表 2 で平均粒径  $1.0 \mu\text{m}$  のコアロスが大きいのは合金磁石粉末の表面積が大きいためにその合金磁石粉末の酸化が進んだためである。平均粒径  $75 \mu\text{m}$  のコアロスが大きいのは合金磁石粉末の平均粒径が大きくなったために渦電流損失が大きくなったためである。また、粉末粒径が  $1.0 \mu\text{m}$  のものが表面磁束が大きいのは保磁力が大きいために着磁し難くなるためである。

表 2

粉末粒径 ( $\mu\text{m}$ )	磁石無 (ギャップ)	1.0	2.0	25	50	75
コアロス ( $\text{kV}/\text{m}^3$ )	520	650	530	535	555	870
磁石の表面磁束 (Gauss)	—	130	200	203	205	209

(実施例 7)

実施例 2 で使用したコアと同形状のコアのギャップに磁石を挿入配置した試料を製造した。磁石には、Ba フェライト焼結磁石、 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}$  ボンド磁石、 $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$  ボンド磁石を用いた。固有保磁力  $H_c$  はそれぞれ  $5.0$ ,  $8.0$ ,  $17.0 \text{ kOe}$  であった。また、 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}$  合金磁石粉末及び  $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$  合金磁石粉末の平均粒径は  $3 \sim 3.5 \mu\text{m}$  とした。 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}$  ボンド磁石及び  $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$  ボンド磁石は、 $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}$  合金磁石粉末及び  $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$  合金磁石粉末に、夫々バインダーとして熱可塑性樹脂である軟化点  $300^\circ\text{C}$  のポリイミド樹脂を  $50 \text{ vol}\%$  混合した。次に実施例 2 と全く同様の方法で、実施例 5 で使用した磁心と同様の  $\text{MnZn}$  フェライトの中芯のギャップ部に挿入して試料とした。なお、ボンド磁石の比抵抗を下記の測定後に測定した結果は、約  $10 \sim 30 \Omega \cdot \text{cm}$  であった。

Ba フェライト焼結磁石については、コアの中芯ギャップ形状に加工し、コアのギャップに挿入して、パルス着磁機で磁路方向に着磁した。

次に、各コアに巻線を施し、LCRメーターで各試料の直流重畳特性を測定し、コア定数と巻き線数から透磁率を計算した。結果を図18に示す。測定が終わった試料をリフロー炉の条件である270℃の恒温槽で1時間保持したあと、常温まで冷却して2時間放置した。その後、上記と同様にLCRメーターで各試料の直流重畳特性を測定した。その結果も図18に示す。

また、比較例としてGAP部に何も挿入していない試料も上記と同様に作製した。

図18より、リフロー前は、ギャップに磁石が挿入または形成された全ての試料において、ギャップに何も挿入しない試料より直流重畳特性が伸びていることがわかる。しかし一方、リフロー後では固有保磁力 $H_c$ が低いBaフェライト焼結磁石と $Sm_2Fe_{17}N$ ボンド磁石をギャップに挿入した試料では直流重畳特性が劣化している。これは、固有保磁力 $H_c$ が低いために熱減磁しやすくなっているためである。また、固有保磁力 $H_c$ の高い $Sm_2Co_{17}$ ボンド磁石ではリフロー後も優位性を保っていることがわかる。

#### (実施例8)

ボンド磁石の合金磁石粉末には、キュリー温度 $T_c = 310^\circ\text{C}$ の $Nd_2Fe_{14}B$ 合金磁石粉末と、 $T_c = 400^\circ\text{C}$ の $Sm_2Fe_{17}N$ 合金磁石粉末と $T_c = 770^\circ\text{C}$ の $Sm_2Co_{17}$ 合金磁石粉末で各平均粒径 $3 \sim 3.5 \mu\text{m}$ の合金磁石粉末を使用した。この各合金磁石粉末に、バインダーとして熱可塑性樹脂である軟化点 $300^\circ\text{C}$ のポリイミド樹脂を50vol%加え、混合した後、実施例5と同様にフェライト磁心の中芯にボンド磁石を配置した。なお、ボンド磁石の比抵抗を下記の測定後に測定した結果は、約 $10 \sim 30 \Omega \cdot \text{cm}$ であった。

次に、各コアに巻線を施し、LCRメーターで各試料の直流重畳特性を測定し、コア定数と巻き線数から透磁率を計算した。結果を図19に示す。測定が終わった試料をリフロー炉の条件である270℃の恒温槽で1時間保持したあと、常温まで冷却した。その後、上記と同様に、LCRメーターで各試料の直流重畳特性を測定した。その結果も図19に示す。また、比較例としてギャップ部に何も挿入しない試料も上記と同様に製作した。

図19よりリフロー前は、ギャップに磁石が挿入（または形成された）全ての試料において、ギャップに何も挿入しない試料より直流重畳特性が伸びていることがわかる。しかし一方、リフロー後ではキュリー温度 $T_c$ が低い $Nd_2Fe_{14}B$ ボンド磁石と $Sm_2Fe_{17}N$ ボンド磁石を挿入した試料では直流重畳特性が劣化しており、何も挿入しない試料と優位性がなくなっていることがわかる。また、キュリー温度 $T_c$ の高い $Sm_2Co_{17}$ ボンド磁石ではリフロー後も優位性を保っていることがわかる。

#### （実施例9）

$Sm_2Co_{17}$ 系でエネルギー積が約28 MGOeの焼結磁石を粗粉粉碎後、有機溶媒中でボールミルにより微粉碎した。その微粉碎時間を変化させることにより平均粒径150  $\mu m$ 、100  $\mu m$ 、50  $\mu m$ 、10  $\mu m$ 、5.6  $\mu m$ 、3.3  $\mu m$ 、2.4  $\mu m$ 、1.8  $\mu m$ の合金磁石粉末を作製した。次にこれら作製した磁石粉末に着磁を行い、磁石合金粉末とした後、各々に、バインダーとしてエポキシ樹脂を10wt%混合し、実施例1と同様にボンド磁石を作製した。ボンド磁石の特性はVSMで測定し、各磁石合金粉末の反磁界係数で補正した値を表3に示す。また比抵抗を特定した結果、全ての磁石について1  $\Omega \cdot cm$ 以上の値を示した。次に実施例5と同様にMnZn系フェライトのギャップに挿入し、各試料のコアロスを300 kHz - 1000 G、常温の条件で測定した。その結果を表4に示す。

表3 各粒径での磁気特性

平均粒径	150 $\mu m$	100 $\mu m$	50 $\mu m$	10 $\mu m$	5.6 $\mu m$	3.3 $\mu m$	2.5 $\mu m$	1.8 $\mu m$
Br (kg)	3.5	3.4	3.3	3.1	3.0	2.8	2.6	2.2
Hc (kOe)	25.6	24.5	23.2	21.5	19.3	16.4	12.5	9.5

表4 コアのコアロス特性

平均粒度	磁石無	150 $\mu\text{m}$	100 $\mu\text{m}$	50 $\mu\text{m}$	10 $\mu\text{m}$	5.6 $\mu\text{m}$	3.3 $\mu\text{m}$	2.4 $\mu\text{m}$	1.8 $\mu\text{m}$
コアロス (kW/m <sup>3</sup> )	520	1280	760	570	560	555	550	520	520

次に試料をリフロー炉の条件である270℃の恒温槽で1時間保持したあと、常温まで冷却した。その後、LCRメーターで各試料の直流重畳特性を測定した。結果を図20に示す。また、比較例としてギャップ部に何も挿入しない試料も上記と同様に作製した。

表4に示す通り磁石合金粉末の最大粒径が50  $\mu\text{m}$ を超えると急激にコアロスが増大することがわかった。また、図20よりリフロー後、2.5  $\mu\text{m}$ 以下で直流重畳特性が劣化している。よって平均粒径2.5～50  $\mu\text{m}$ でリフロー後も優れた直流重畳特性が得られしかもコアロスの劣化も生じない磁心が得られることがわかった。

#### (実施例10)

$\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 系でZr量が0.01at%で組成が $\text{Sm}(\text{Co}_{0.78}\text{Fe}_{0.11}\text{Cu}_{0.10}\text{Zr}_{0.01})_{7.4}$ の第2世代 $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ と呼ばれる焼結磁石と、Zr量が0.03at%で組成が $\text{Sm}(\text{Co}_{0.742}\text{Fe}_{0.20}\text{Cu}_{0.07}\text{Zr}_{0.03})_{7.5}$ の第3世代 $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ と呼ばれる焼結磁石を用いた。上記第2世代 $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 磁石は800℃で1.5時間の時効を施し、第3世代 $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 磁石は800℃で10時間の時効を施した。焼結磁石の保磁力は、第2世代が8kOeで第3世代が20kOeであった。これらの焼結体を粗粉碎後、有機溶媒中でボールミルにより微粉碎し、磁石合金粉末を得た。次にこれら作製した磁石合金粉末に着磁を行い合金磁石粉末として、それぞれに、バインダーとしてエポキシ樹脂を50vol%混合し、実施例1と同様にボンド磁石を作製した。

次にこれら各ボンド磁石を実施例5と同様にMnZn系フェライトのギャップ

に挿入し、巻き線を施し、LCRメーターで各試料の直流重畳特性を測定し、コア定数と巻線数から透磁率を計算した。その結果を図21に示す。

また、測定が終わった試料をリフロー炉の条件である270℃の恒温槽で1時間保持した後、常温まで冷却した。その後、上記と同様にLCRメーターで各試料の直流重畳特性を測定した。その結果も図21に示す。

図21より保磁力の高い第3世代 $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 磁石粉末を使用した場合、リフロー後も良好な直流重畳特性が得られることがわかった。以上より組成が第3世代である $\text{Sm}(\text{Co}_{\text{bal.}}\text{Fe}_{0.15-0.20}\text{Cu}_{0.06-0.08}\text{Zr}_{0.02-0.03})_{7.0-8.5}$ で直流重畳特性が良好であることがわかった。

#### (実施例11)

Sm-Co合金磁石粉末（粉末平均粒径約3 $\mu\text{m}$ ）に、Zn, Al, Bi, Ga, In, Mg, Pb, Sb, Sn金属を1種類ずつ5wt%混合し、各々をAr雰囲気下で2時間熱処理を施した。その結果、合金磁石粉末の表面は、各金属により被覆された。各熱処理温度を表5に示す。

表5

元素	Zn	Al	Bi	Ga	In	Mg	Pb	Sb	Sn
熱処理温度 (℃)	475	725	325	100	225	700	375	700	300

その後、各混合粉末に対して、総体積の40vol%にあたる量のバインダー（エポキシ樹脂）を加えて混合した後、実施例1と全く同じ方法でボンド磁石を作製した。得られたボンド磁石を実施例5と同様のコアのギャップに挿入して試料とした。次に270℃・大気中で各試料の熱処理を行い、30分ごとに炉から出し、直流重畳特性、コアロス特性を測定した。

直流重畳特性はヒューレットパッカード社製4284A LCRメーターで交流磁場周波数100kHz、重畳磁場0～200Oeの条件で測定した。このと



きの直流バイアス磁界の向きが磁石形成時の配向の向きとは逆となるように、重畳電流を印加した。その測定結果を図 2 2 ～ 3 1 に示す。

図 2 2 ～ 図 3 1 から理解されるように、金属被覆を行わなかったもの（図 2 2）に比べ、上記の金属を被覆した磁石合金粉末を用いて製造した磁石がギャップに形成されたコア（図 2 3 ～ 図 3 1）は熱処理時間が増加しても重畳特性の劣化は少なく、安定した特性を示すことがわかった。これは磁石の表面が金属で被覆されたことにより酸化が抑制され、バイアス磁界の減少が抑えられたものと考えられる。

次に各コアについて、岩崎通信機社製の SY-8232 交流 BH トレーサーで 50 kHz、0.1 T におけるコアロス特性を室温で測定した。これらの結果を表 6 に示す。

表 6 コアロス測定データ

熱処理時間	0min	30min	60min	90min	120min
無し	180	250	360	450	600
Z n	220	200	215	215	220
A l	180	180	190	200	220
B i	225	230	230	230	240
G a	170	180	230	230	260
I n	175	200	220	230	280
M g	170	170	180	200	220
P b	230	220	230	240	260
S b	200	230	280	350	420
S n	205	210	230	230	235

金属を被覆しないものは 120 分の熱処理において、コアロスは 3 倍以上の値になるが、上記金属を被覆したものは平均で 20 ～ 30 % のコアロスの増加であり、非常に優れた特性を示すことがわかった。

## (実施例 12)

Sm-C o 磁石合金粉末（粉末平均粒径約  $3\ \mu\text{m}$ ）に Zn 3 wt% + Mg 2 wt% を混合したものと、Mg 3 wt% + Al 2 wt% を混合したものとを、それぞれ、 $600^{\circ}\text{C}$ ・Ar 雰囲気下で 2 時間熱処理を施し、各磁石合金粉末に金属被覆を行った。その後、各混合粉末に、総重量の 10 wt% にあたる量のバインダー（エポキシ樹脂）を混合した後、実施例 1 と同様の方法でボンド磁石を作製した。そして、実施例 5 と同様のコアのギャップに各ボンド磁石を挿入して、試料とした。これらの試料を  $270^{\circ}\text{C}$ ・大気中で熱処理を行い、熱処理時間がトータルで 4 時間までは 1 時間置きに、それ以降は 2 時間置きに炉から出し、フラックス測定を行った。

フラックス特性は各磁石を T O E I 製 T D F - 5 デジタルフラックスメーターで測定した。熱処理前のフラックス量を 100 % としたときの測定結果を表 7 に示す。

表 7 熱処理に伴うフラックス変化 (%)

熱処理時間 (hour)	0	1	2	3	4	6	8	10
被覆無し	100	72	61	53	45	36	30	26
Zn <sub>3</sub> wt%+Mg <sub>2</sub> wt%	100	98	97	97	96	95	94	94
Mg <sub>3</sub> wt%+Al <sub>2</sub> wt%	100	98	98	97	96	96	95	94

金属被覆を行わなかった磁石が 10 時間で 70 % 以上減磁したのに比べ、上記の金属を被覆した磁石をは 10 時間の熱処理で減磁が 6 % 程度と劣化が非常に少なく、安定した特性を示すことがわかった。これは磁石の表面が金属で被覆されたことにより酸化が抑制され、フラックスの減少が抑えられたものと考えられる。

以上、本発明について、いくつかの実施例に即して説明したが、本発明はこれら実施例に限定されるものではない。例えば、上記実施例 5 ~ 12 では、実施例 1 と同じ方法、即ちボンド磁石を金型に充填して製造する方法を用いる場合にについて説明したが、実施例 2 と同様に直接コアの一部に粘性体を塗布して硬化させ

るようにしてもよい。この場合、ボンド磁石がコアに密着形成されるので、ボンド磁石とコアとの隙間がなくなり、さらに特性の改善が期待できる。

以上のように、本発明によれば、高磁石特性で、かつ工業的に製造が容易で、かつ安価なボンド磁石を得ることができるボンド磁石の製造方法及びそれを用いたデバイスの製造方法を提供できる。

#### 産業上の利用可能性

永久磁石を用いるいかなるデバイスにも適用できる。

## 請求の範囲

1. 予め着磁された合金磁石粉末を樹脂と混合して粘性体とし、  
該粘性体に磁場を印加して当該粘性体に含まれる前記合金磁石粉末を磁氣的に  
配向させつつ前記樹脂を硬化させる、  
ことを特徴とするボンド磁石の製造方法。
2. 請求項1に記載のボンド磁石の製造方法において、  
前記粘性体を、磁気デバイスの所定個所に接触配置し、  
前記磁気デバイスに接触配置された前記粘性体に対して、前記磁場を印加して  
当該粘性体に含まれる前記合金磁石粉末を磁氣的に配向させつつ前記樹脂を硬化  
させ、  
それによって前記磁気デバイスの所定個所に密着形成するようにしたことを特  
徴とするボンド磁石の製造方法。
3. 請求項1または2に記載されたボンド磁石の製造方法において、  
前記合金磁石粉末を前記樹脂と混合する前に、Zn, Al, Bi, Ga, In,  
Mg, Pb, SbおよびSnから選択された1種又は2種以上の金属粉あるいはそ  
の合金の金属粉と混合して混合物を得、  
当該混合物に熱処理を施して、前記合金磁石粉末の表面を金属膜で被覆する、  
ことを特徴とするボンド磁石の製造方法。
4. 請求項1から3のうちのいずれか一つに記載されたボンド磁石の製造方  
法において、  
前記合金磁石粉末として、固有保磁力が5 kOe以上、キュリー温度が300℃  
以上、及び粉末平均粒径が2.0～50 μmの希土類磁石粉末を用いることを特  
徴とするボンド磁石の製造方法。
5. 請求項1から3のうちのいずれか一つに記載されたボンド磁石の製造方  
法において、  
前記合金磁石粉末として、固有保磁力が10 kOe以上、キュリー温度が500  
℃以上、及び粉末平均粒径が2.5～50 μmの希土類磁石粉末を用いること  
を特徴とするボンド磁石の製造方法。

6. 請求項5に記載されたボンド磁石の製造方法において、  
前記合金磁石粉末として、組成が $\text{Sm}(\text{Co}_{\text{bal.}}\text{Fe}_{0.15-0.25}\text{Cu}_{0.06-0.08}\text{Zr}_{0.02-0.03})_{7.0-8.5}$ の希土類磁石粉末を用いることを特徴とするボンド磁石の製造方法。

7. 請求項1から6のいずれか一つに記載されたボンド磁石の製造方法において、

前記樹脂として、ポリイミド樹脂、エポキシ樹脂、ポリフェニルサルファイト樹脂、シリコーン樹脂、ポリエステル樹脂、芳香族系ナイロン、及び液晶ポリマーのうちのいずれかが用いられることを特徴とするボンド磁石の製造方法。

8. 請求項1から7のいずれか一つに記載されたボンド磁石の製造方法を用いて製造されたことを特徴とするボンド磁石。

9. 請求項8に記載されたボンド磁石を具備することを特徴とする磁気デバイス。

10. ボンド磁石を具備する磁気デバイスの製造方法において、  
前記ボンド磁石の形成が、  
合金磁石粉末と樹脂とを混合して粘性体とし、  
該粘性体を、磁気デバイスの所定個所に接触配置し、  
前記粘性体に磁場を印加して当該粘性体に含まれる前記合金磁石粉末を磁氣的に配向させつつ前記樹脂を硬化させることにより行われ、  
それによって前記ボンド磁石が前記所定個所に密着形成されることを特徴とするボンド磁石を具備する磁気デバイスの製造方法。

11. 請求項10に記載されたボンド磁石を具備する磁気デバイスの製造方法において、

前記所定個所が磁気ギャップを規定する互いに対向する一対の面であって、  
前記磁気ギャップに前記粘性体を配置することにより、前記一対の面の双方に前記粘性体を接触させるようにした、  
ことを特徴とするボンド磁石を具備する磁気デバイスの製造方法。

12. 請求項10に記載されたボンド磁石を具備する磁気デバイスの製造方法において、

前記所定個所がドラム型コアの端面又は銚部外周面であって、

前記粘性体を前記端面又は前記鍔部外周面上にリング状に塗布するようにした、ことを特徴とするボンド磁石を具備する磁気デバイスの製造方法。

13. 請求項10から12のうちのいずれか一つに記載されたボンド磁石を具備する磁気デバイスの製造方法を用いて製造され、前記ボンド磁石が前記所定個所に接着剤を用いることなく密着固定されていることを特徴とする磁気デバイス。

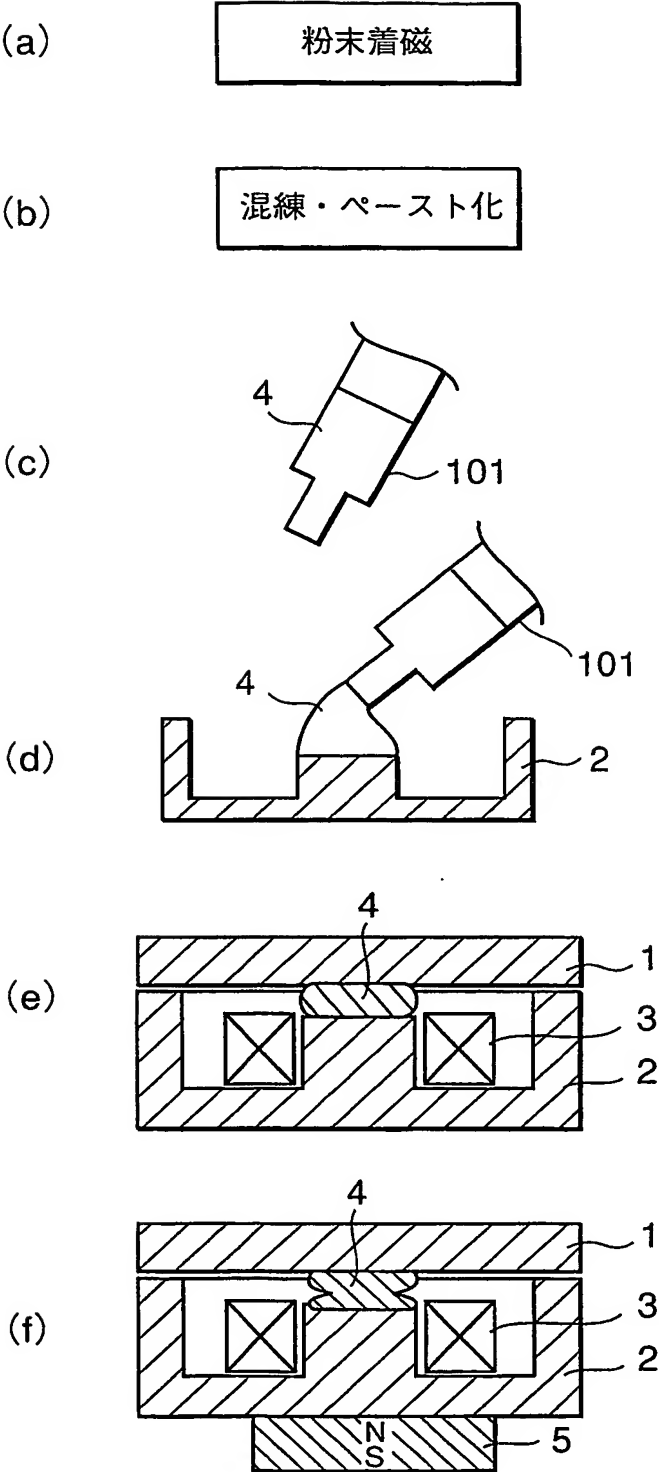


図 1

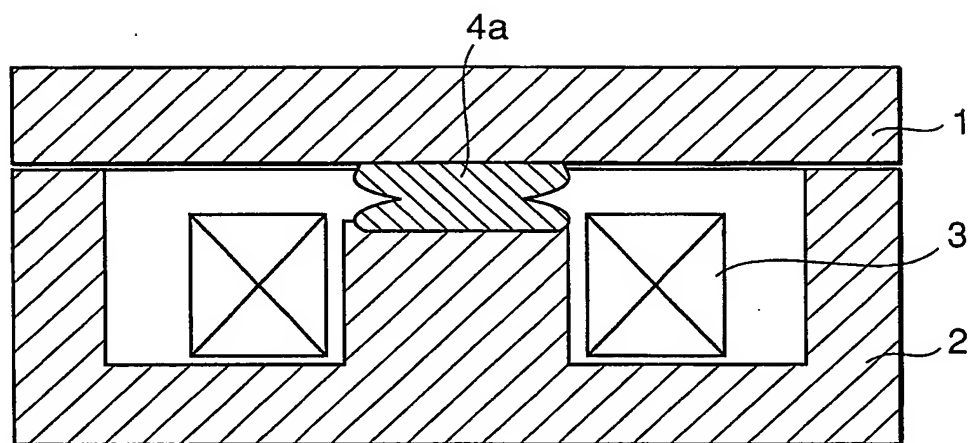


図 2



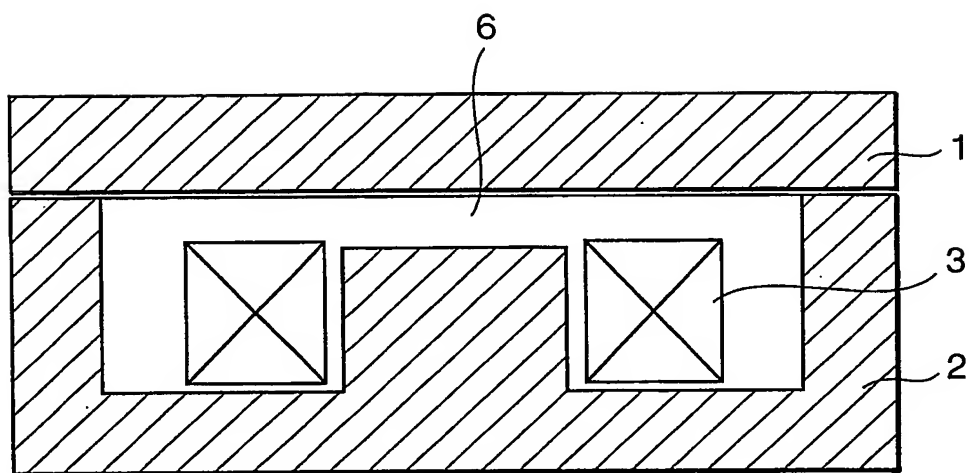


図 3

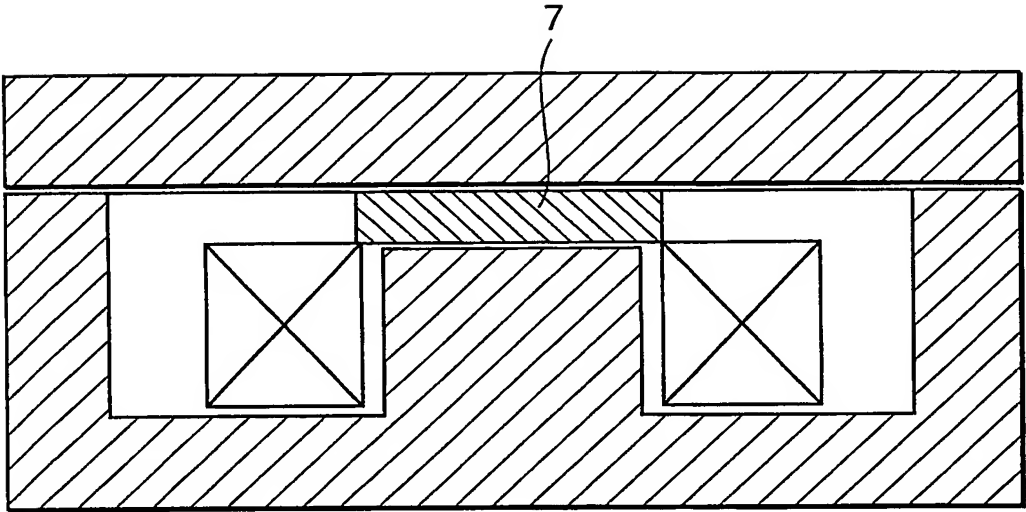


図 4

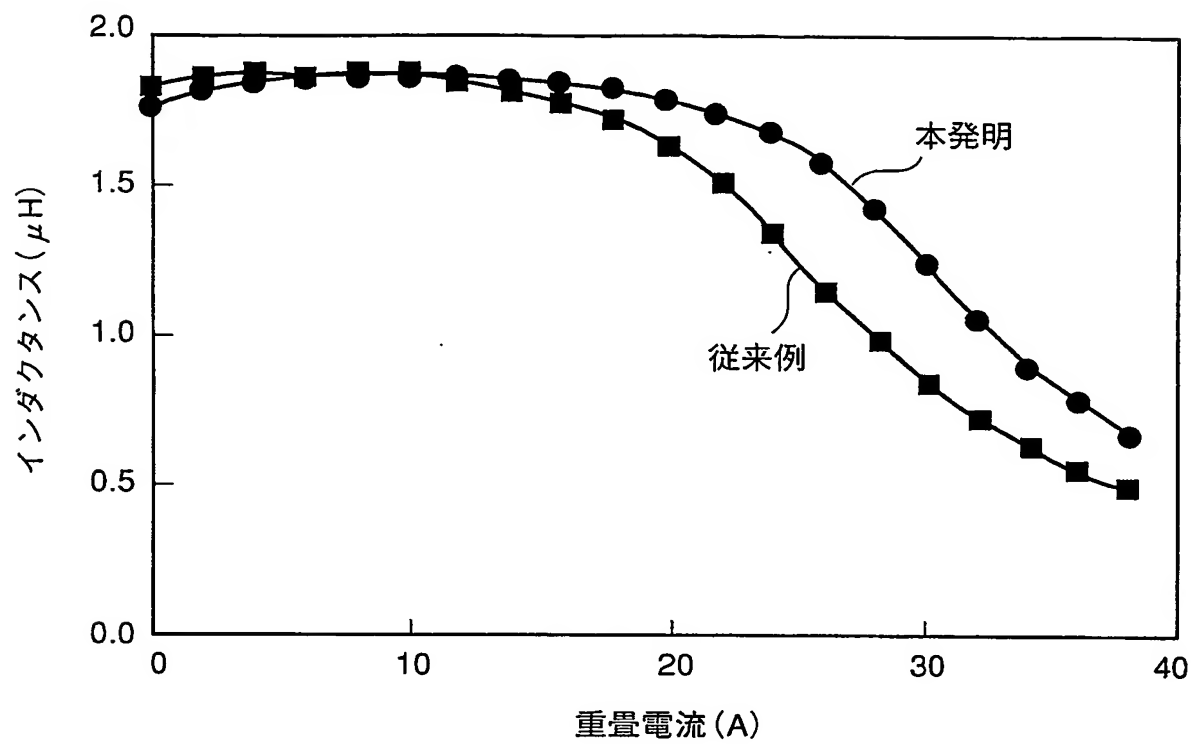


図 5

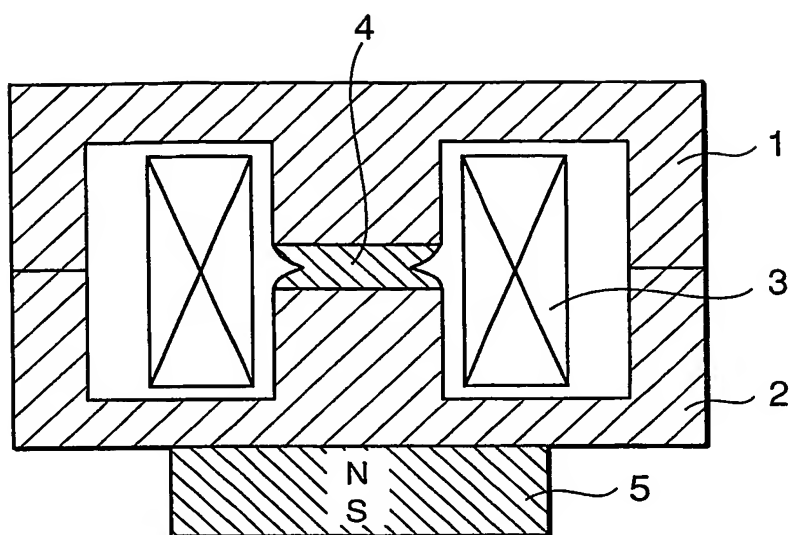


図 6

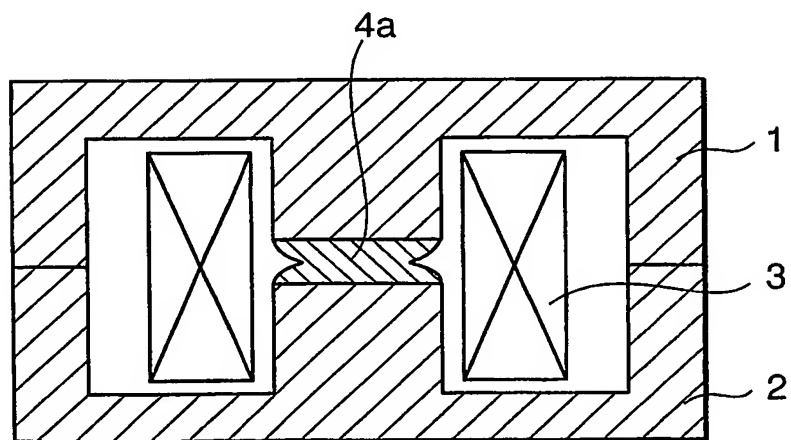


図 7

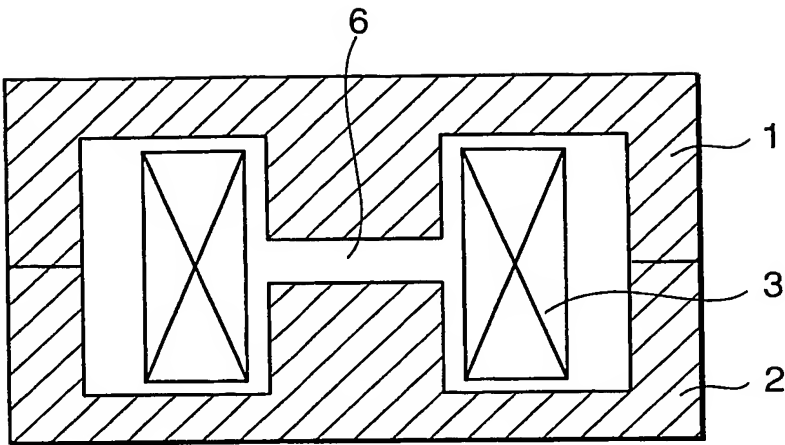


図 8

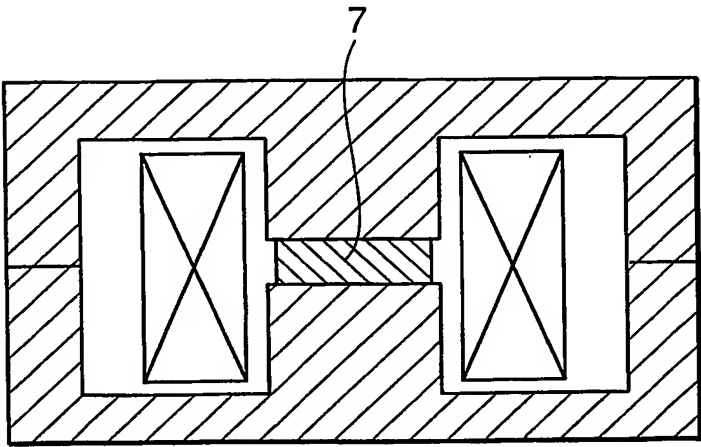


図 9

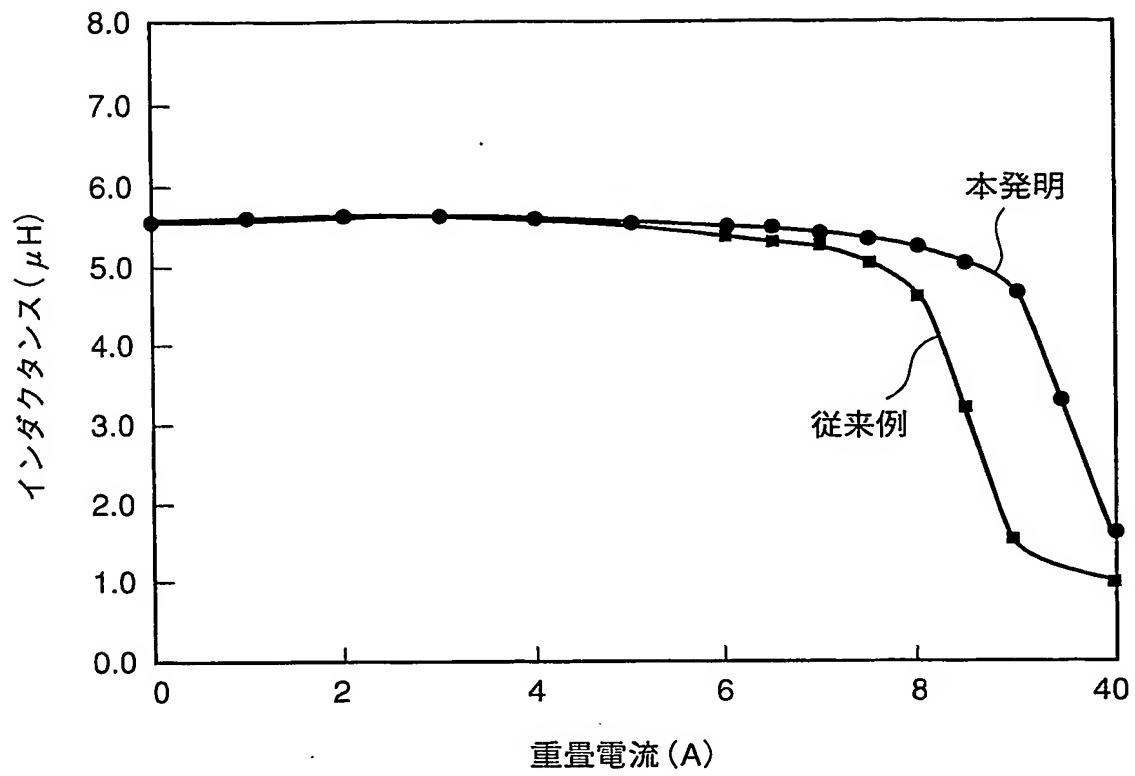


図 10

〈磁石形成〉

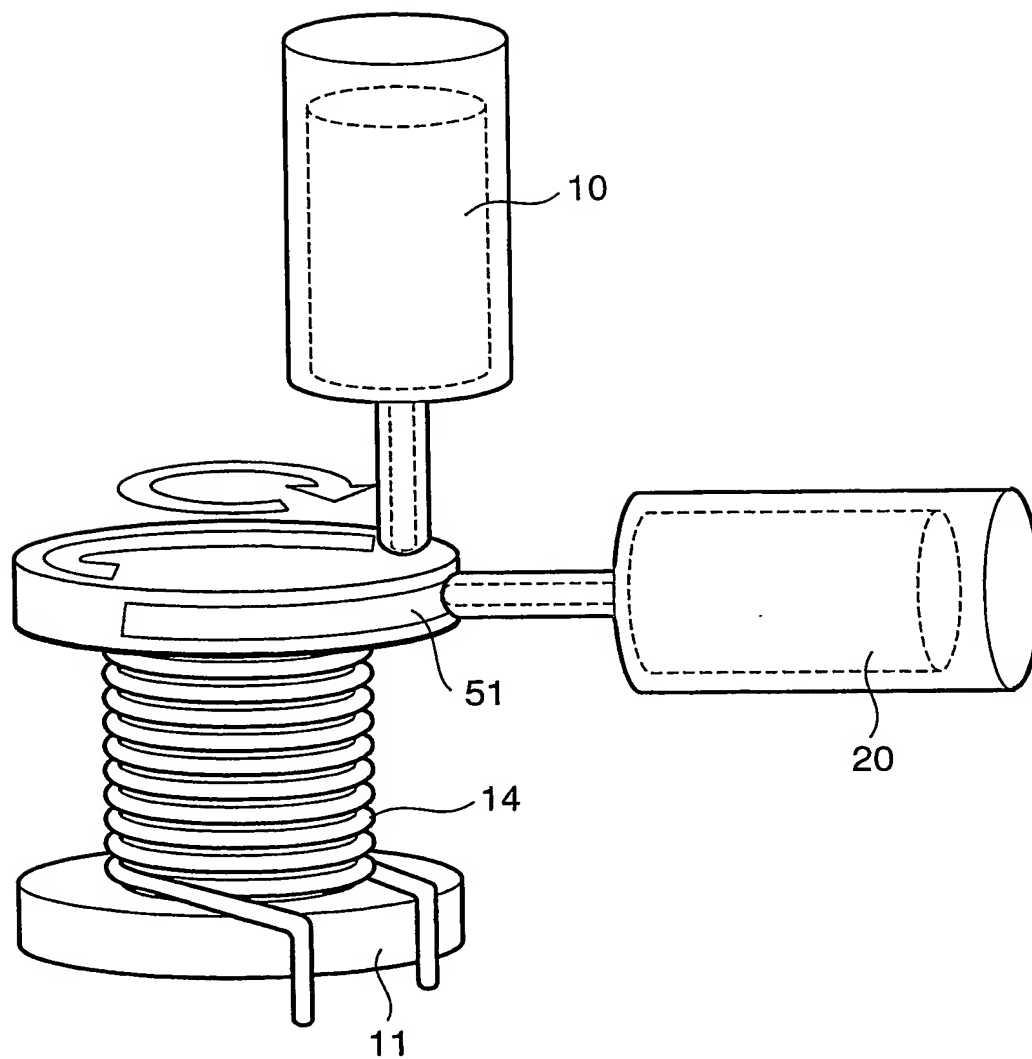
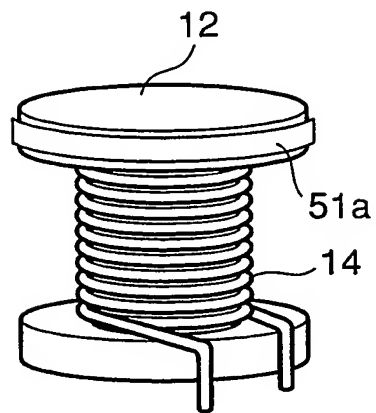
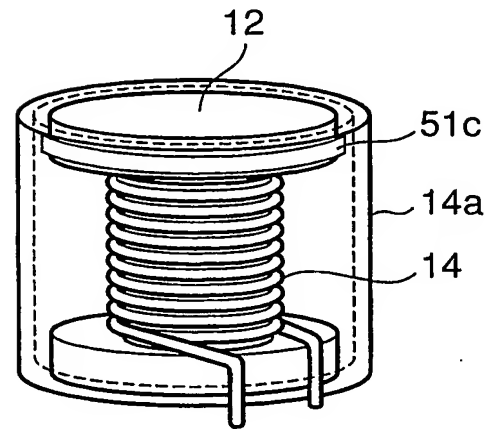


図 11

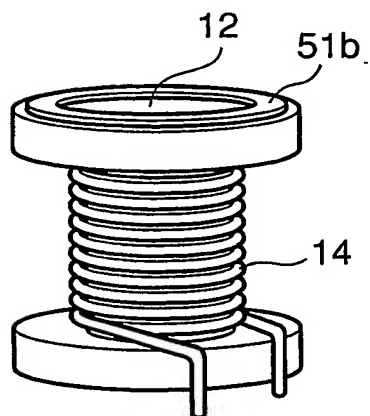
(a) 開磁路タイプ



(c) 閉磁路タイプ



(b) 開磁路タイプ



(d) 開磁路タイプ

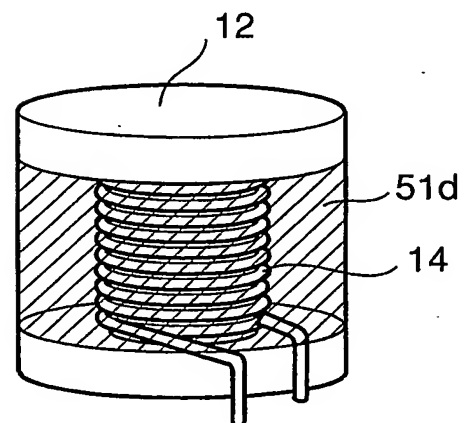
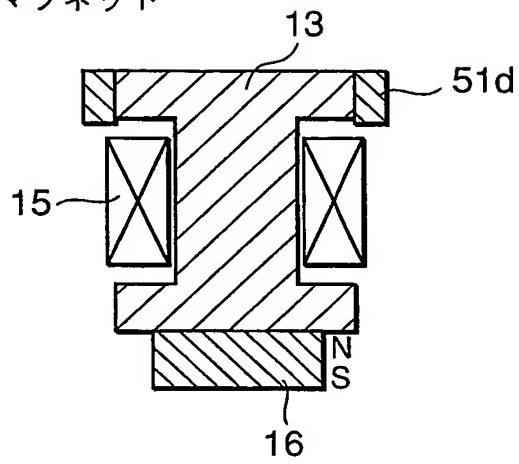


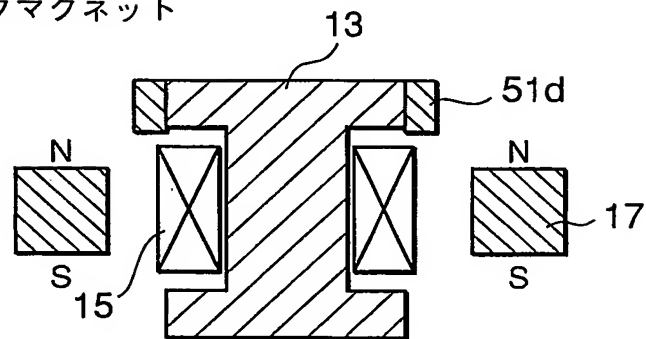
図 12



(a) ディスクマグネット



(b) リングマグネット



(c) 自己通電

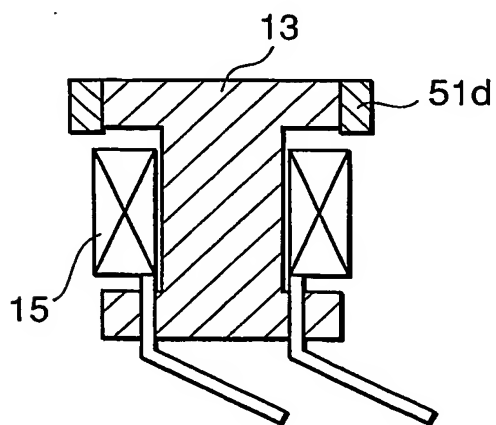
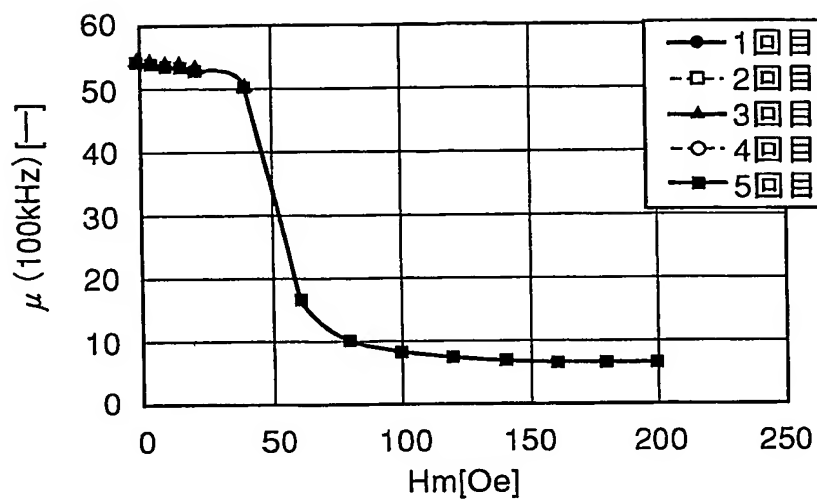
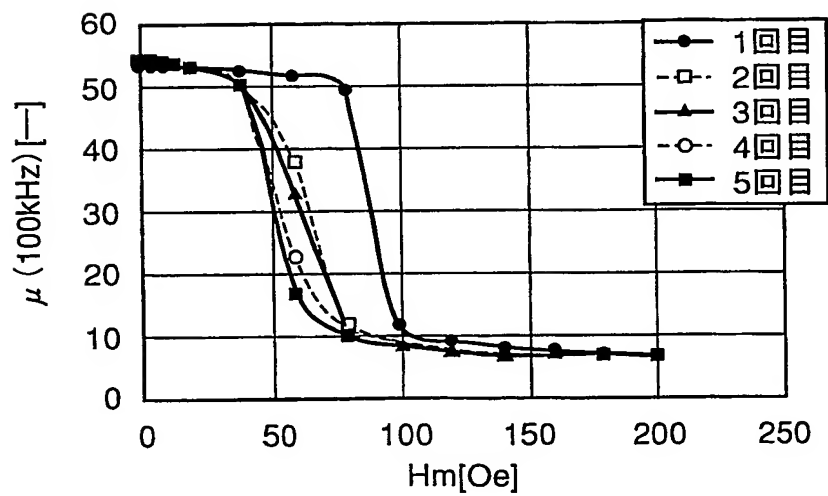


図 13



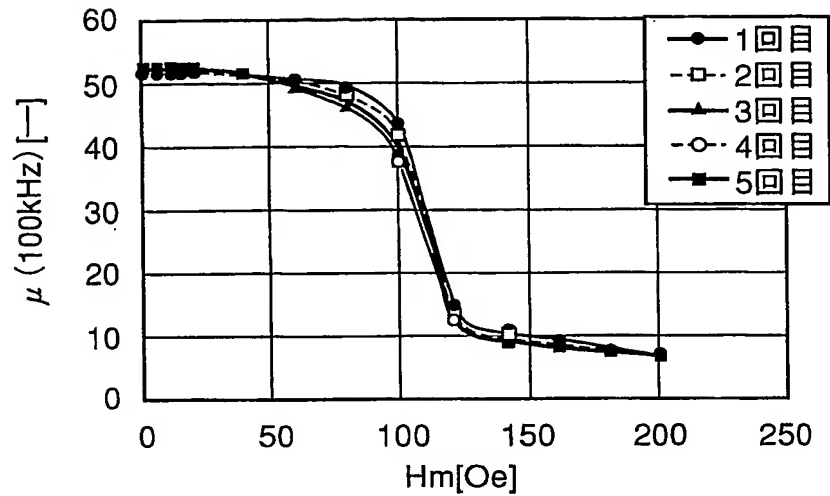
直流重畳特性 (GaP)

図 14



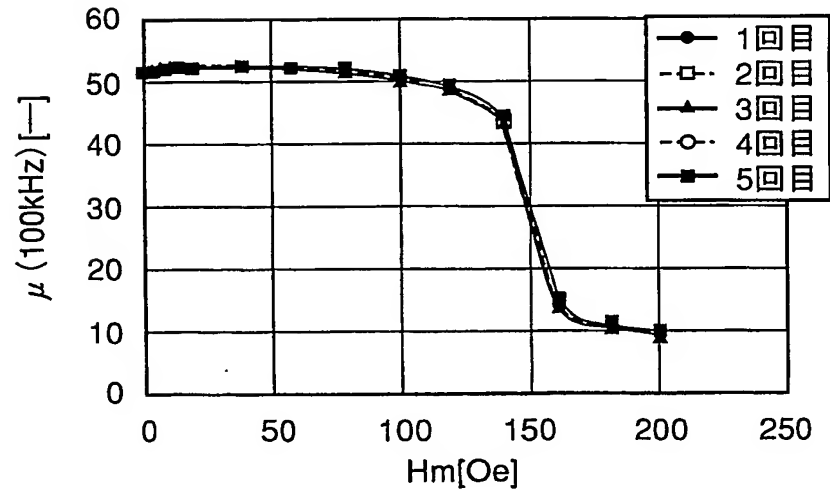
直流重畳特性 (Hc:4.0kOe)

図 15



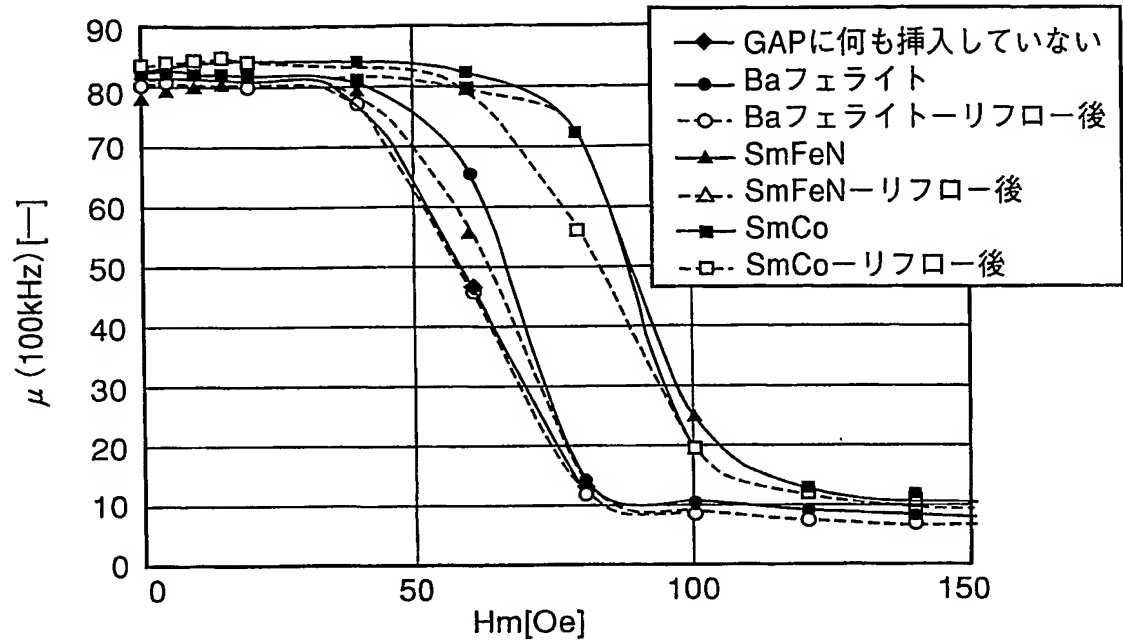
直流重畳特性 ( $H_c: 5.0\text{kOe}$ )

図 16



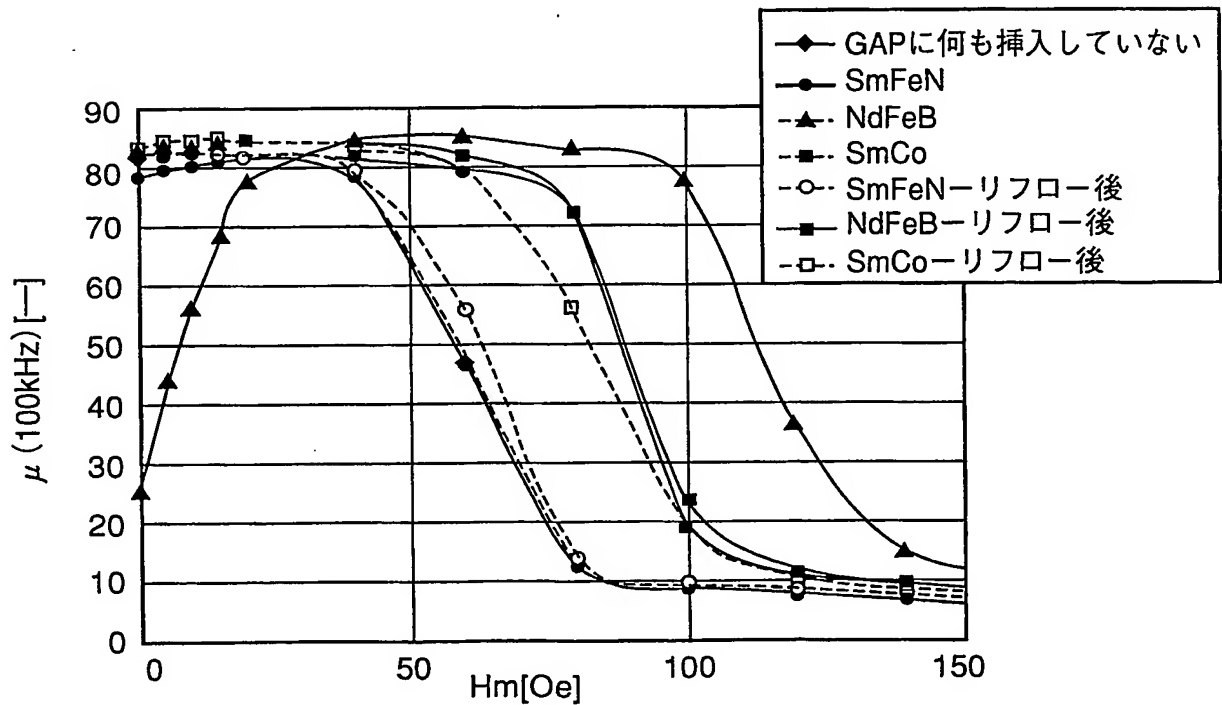
直流重畳特性 ( $H_c: 10\text{kOe}$ )

図 17



直流重畳特性

図 18



直流重畳特性

図 19

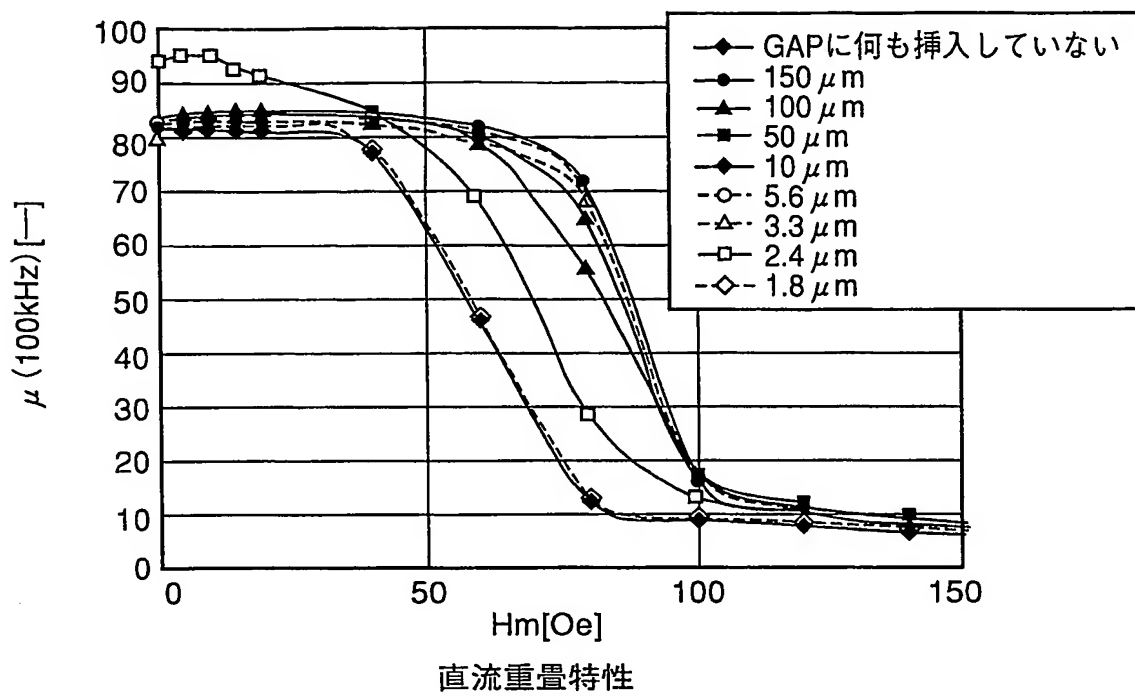


図 20

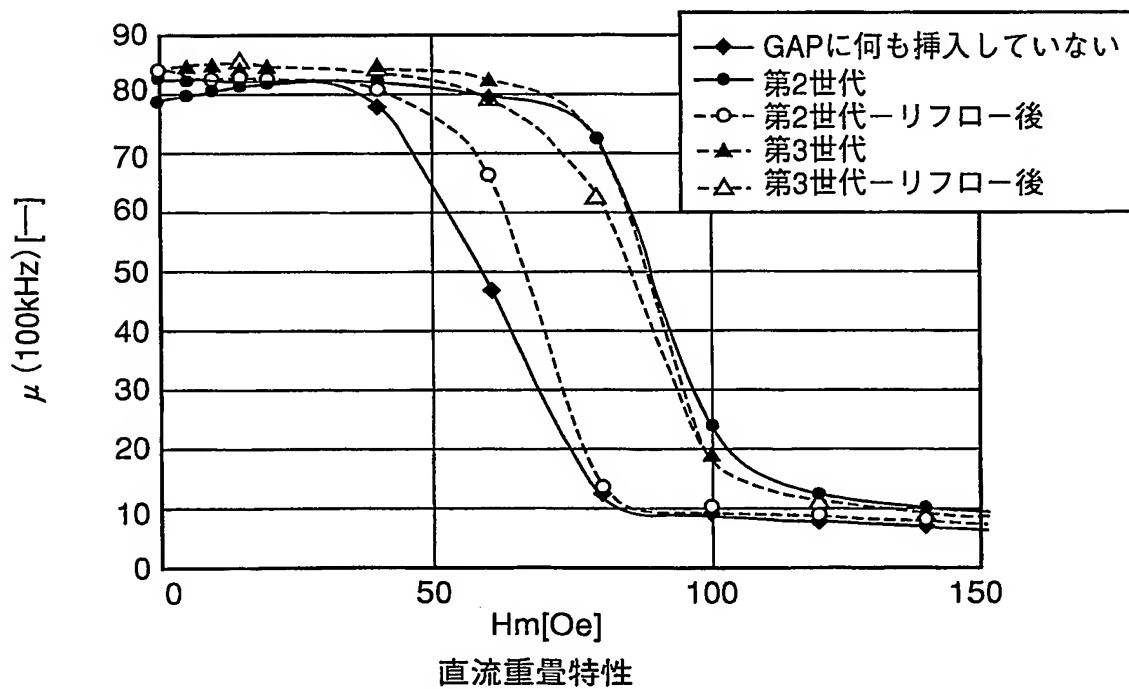


図 21

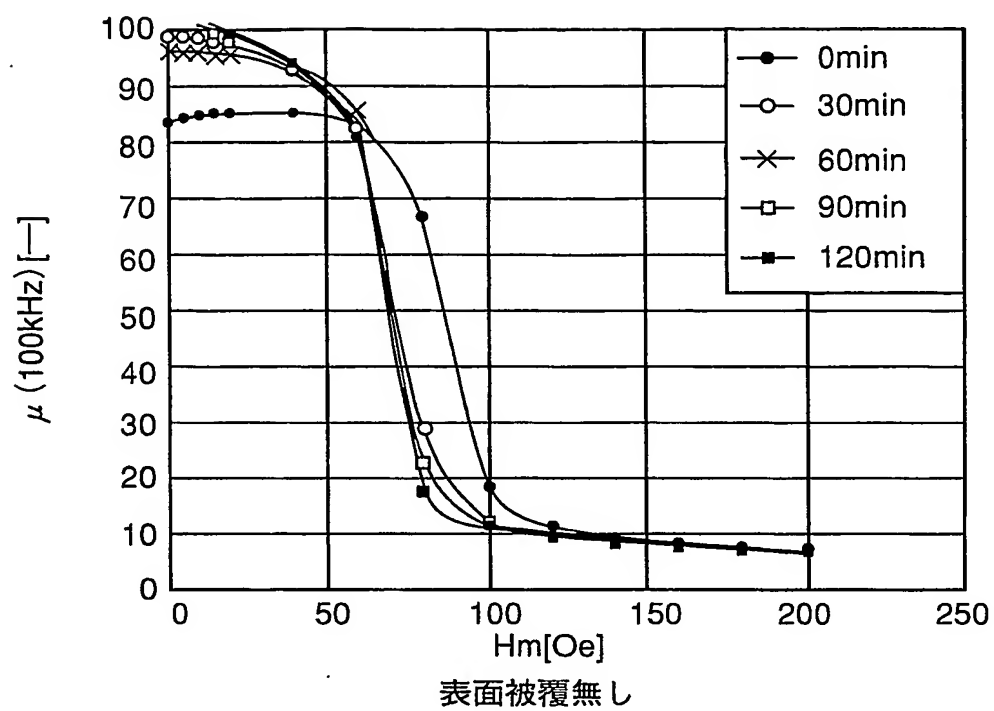


図 22

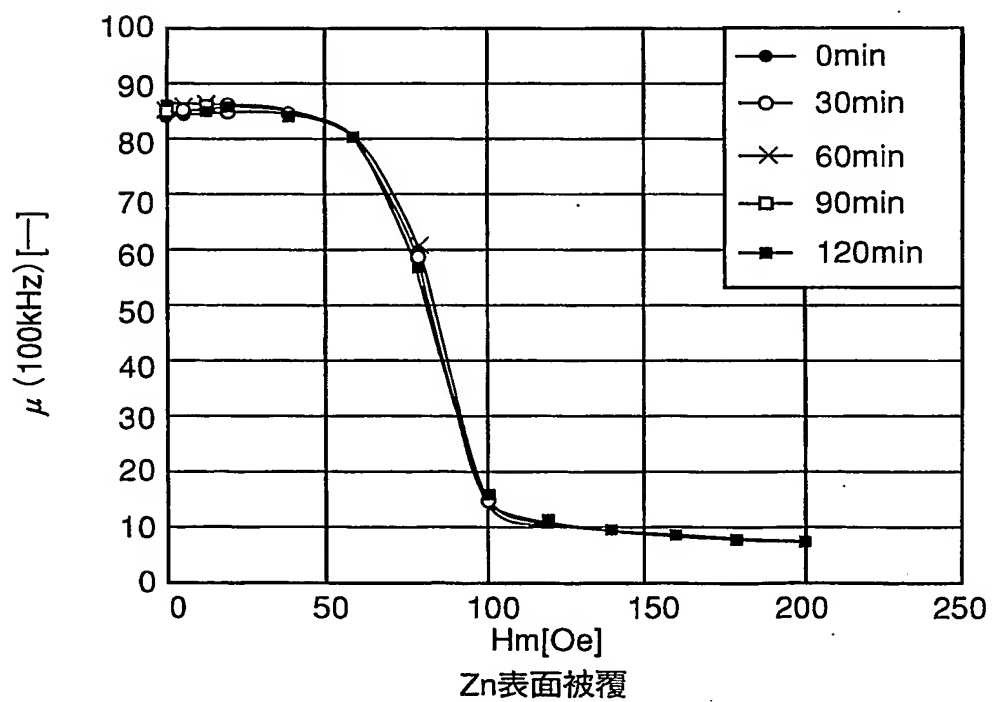


図 23

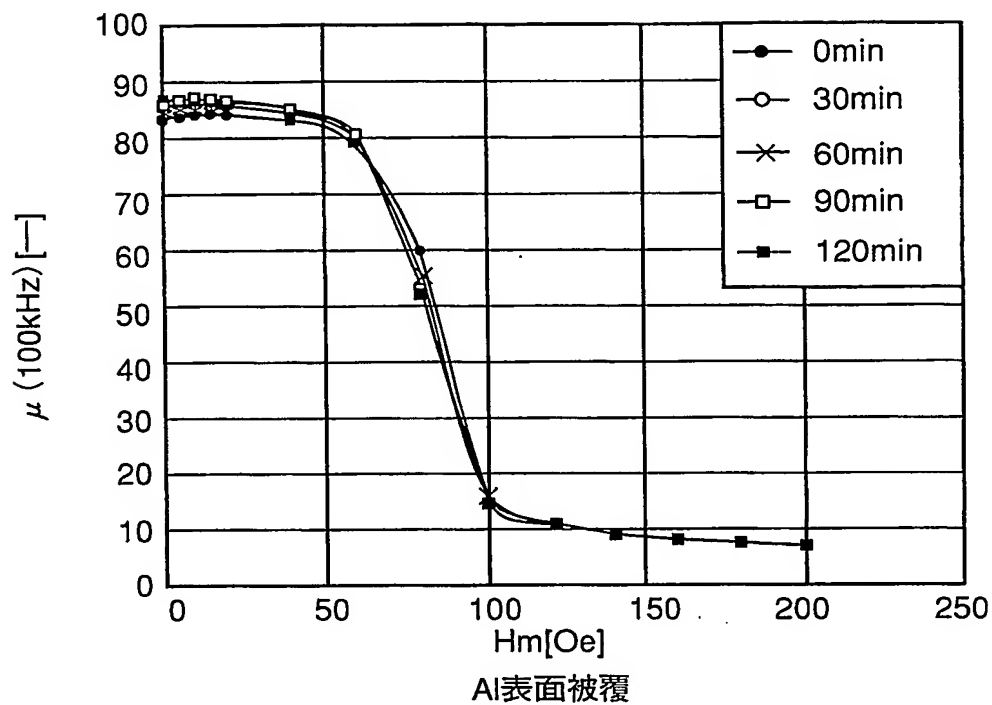


図 24

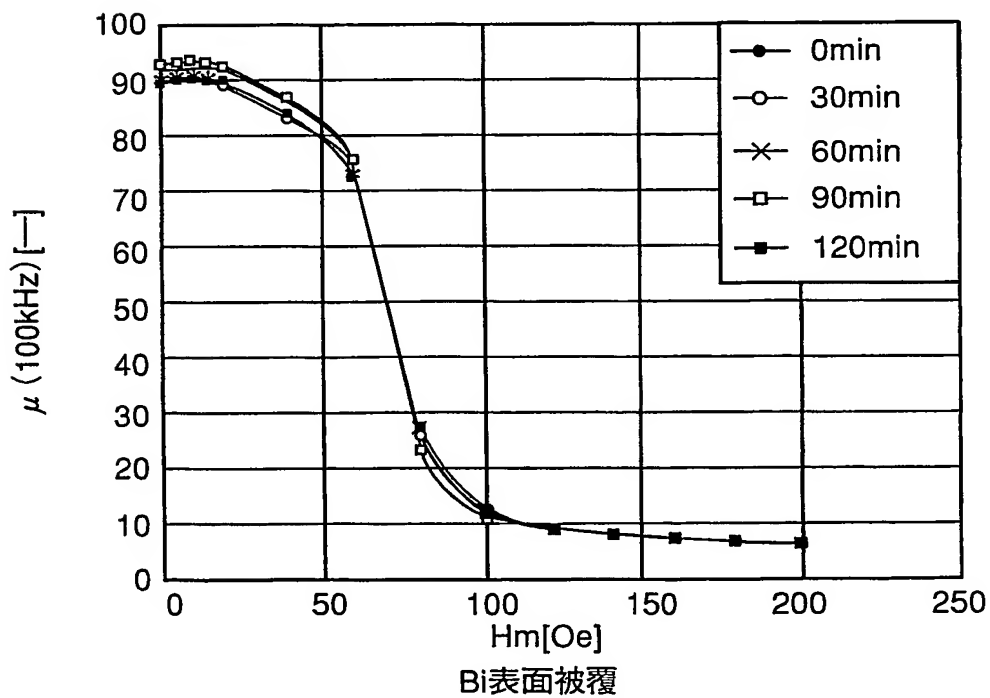


図 25

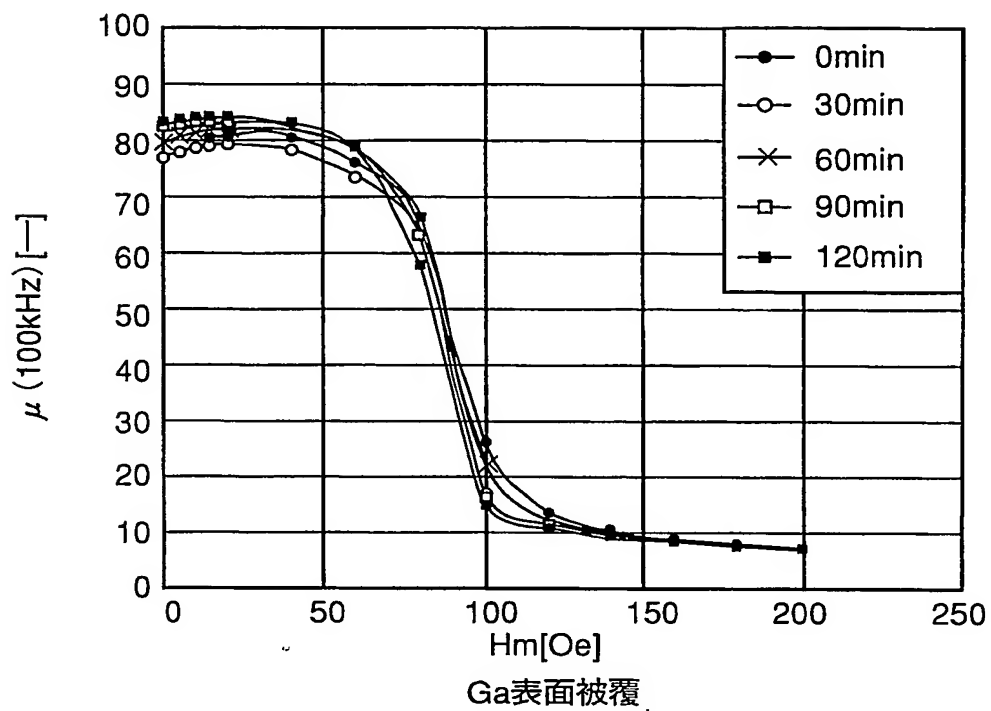


図 26

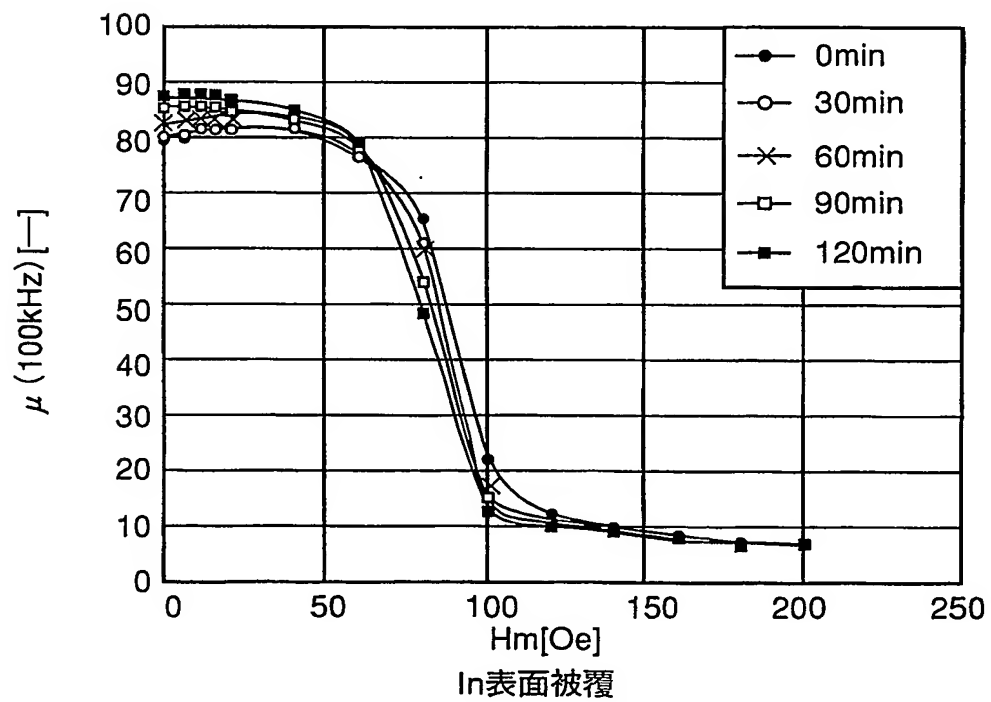


図 27



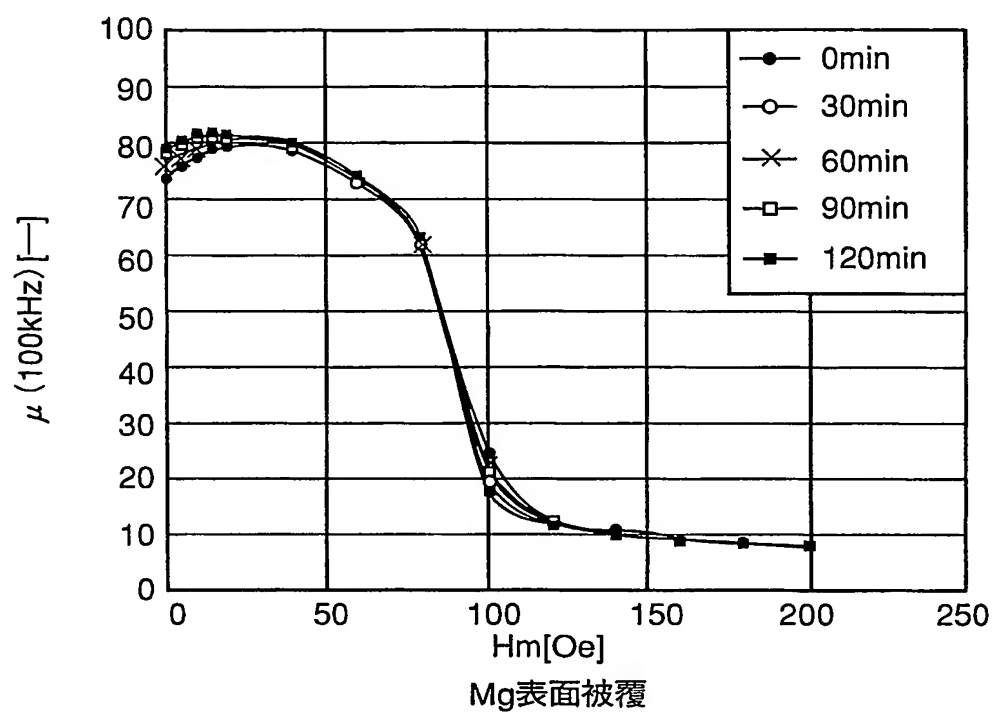


図 28

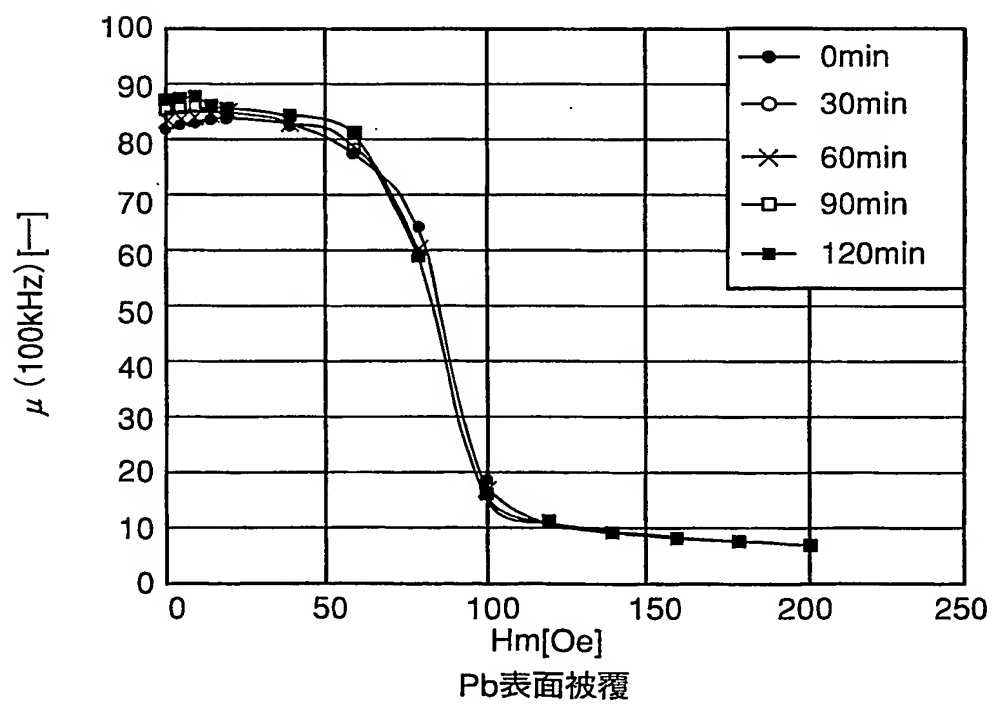


図 29

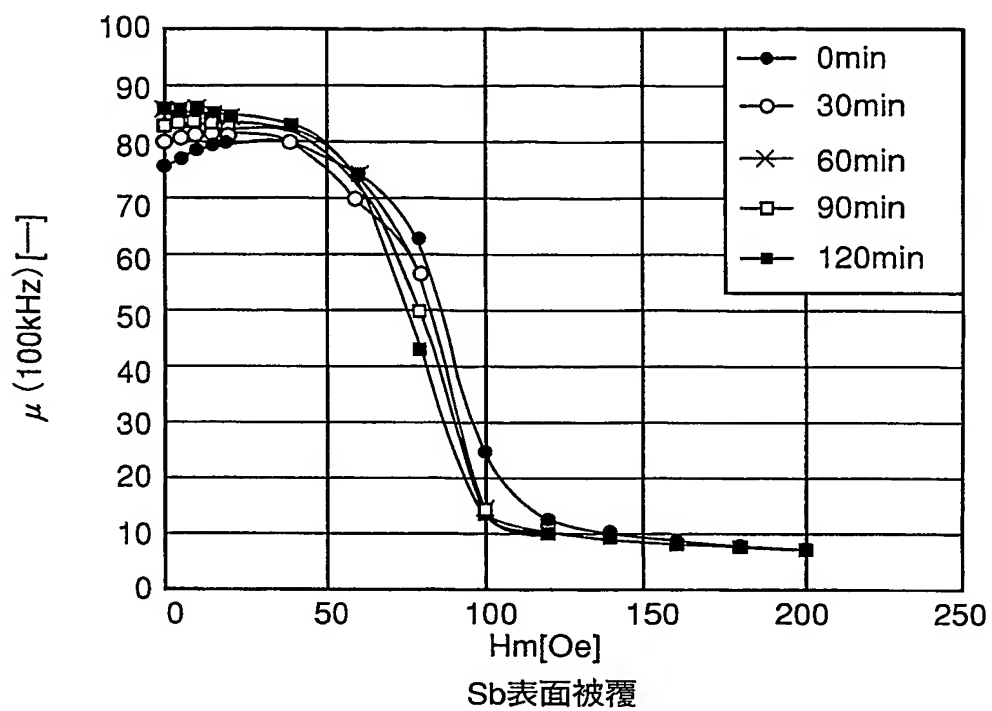


図 30

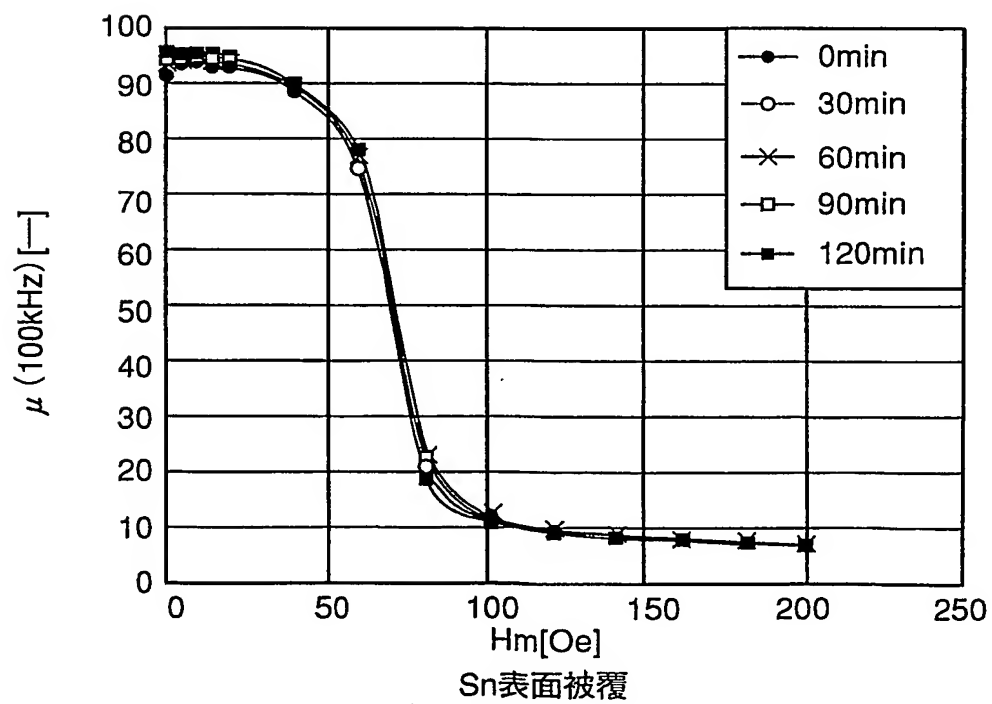


図 31

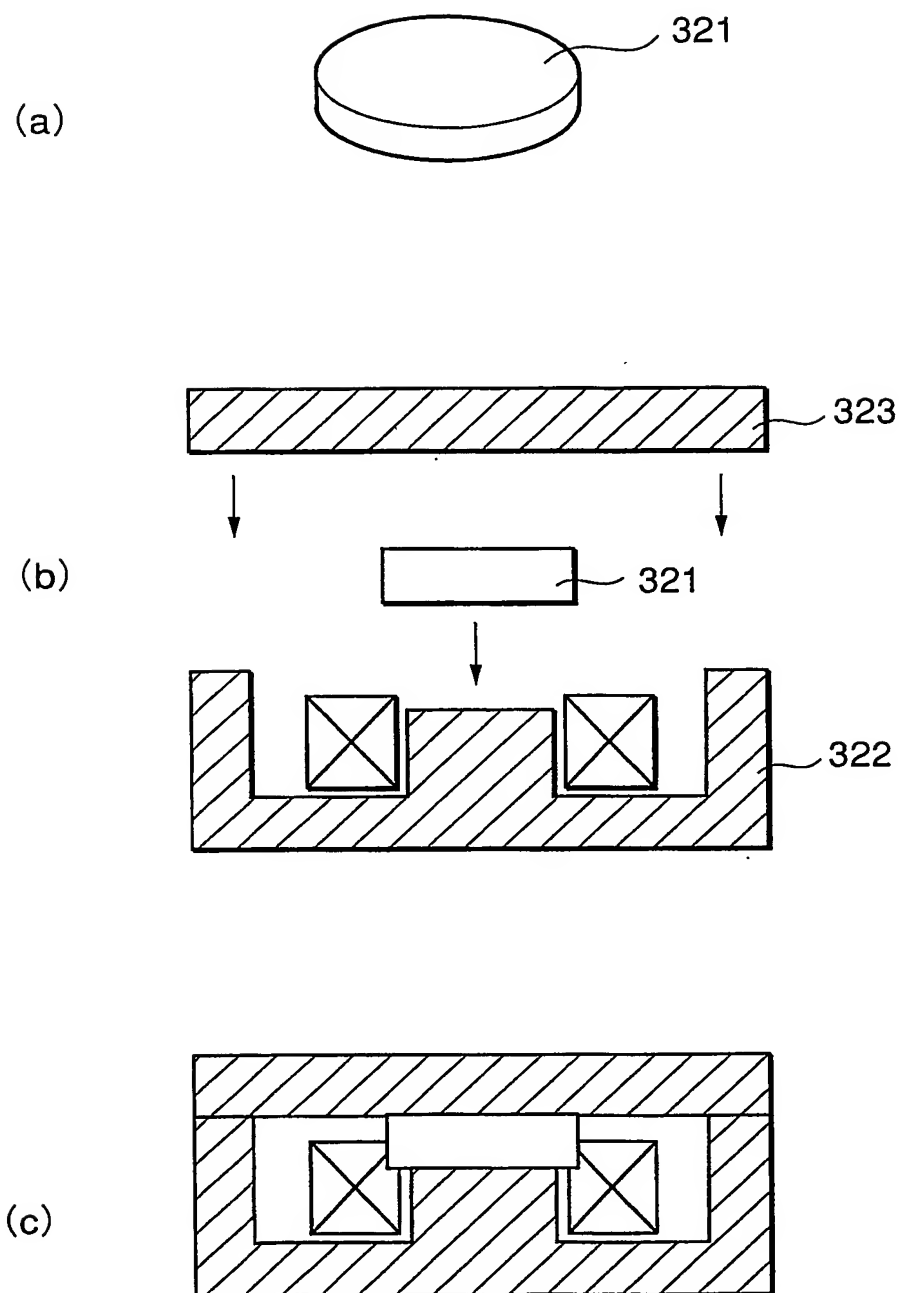


図 32

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/JP03/11970

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> H01F41/02, H01F1/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H01F41/02, H01F1/08, H01F7/02, H01F27/24, H01F38/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2-153507 A (Seiko Epson Corp.), 13 June, 1990 (13.06.90), Full text (Family: none)	1. 3-13
X Y	JP 7-86070 A (Tokin Corp.), 31 March, 1995 (31.03.95), Full text (Family: none)	1 3-13
Y	JP 2002-222707 A (NEC Tokin Corp.), 09 August, 2002 (09.08.02), Full text; all drawings (Family: none)	2, 9-13

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
05 November, 2003 (05.11.03)

Date of mailing of the international search report  
18 November, 2003 (18.11.03)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/JP03/11970

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 4-3906 A (Tabuchi Denki Kabushiki Kaisha), 08 January, 1992 (08.01.92), Full text; all drawings (Family: none)	2, 9-13
Y	JP 2002-198211 A (Sumitomo Metal Mining Co., Ltd.), 12 July, 2002 (12.07.02), Claims 1, 2; Par. Nos. [0037] to [0039] (Family: none)	3
Y	JP 2002-134327 A (Tokin Corp.), 10 May, 2002 (10.05.02), Full text; all drawings (Family: none)	12

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01F 41/02, H01F 1/08

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H01F 41/02, H01F 1/08, H01F 7/02, H01F 27/24, H01F 38/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2003年

日本国登録実用新案公報 1994-2003年

日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	J P 2-153507 A (セイコーエプソン株式会社) 1990. 06. 13, 全文 (ファミリーなし)	1 3-13
X Y	J P 7-86070 A (株式会社トーキン) 1995. 03. 31, 全文 (ファミリーなし)	1 3-13
Y	J P 2002-22270.7 A (エヌイーシートーキン株式会 社) 2002. 08. 09, 全文, 全図 (ファミリーなし)	2, 9-13

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

05. 11. 03

国際調査報告の発送日

18.11.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

山田 正文

5 R

8835

電話番号 03-3581-1101 内線 3565

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 4-3906 A (田淵電機株式会社) 1992. 01. 08, 全文, 全図 (ファミリーなし)	2, 9-13
Y	J P 2002-198211 A (住友金属鉱山株式会社) 2002. 07. 12, 【請求項1】、【請求項2】; 【0037】～【0039】 (ファミリーなし)	3
Y	J P 2002-134327 A (株式会社トーキン) 2002. 05. 10, 全文, 全図 (ファミリーなし)	12